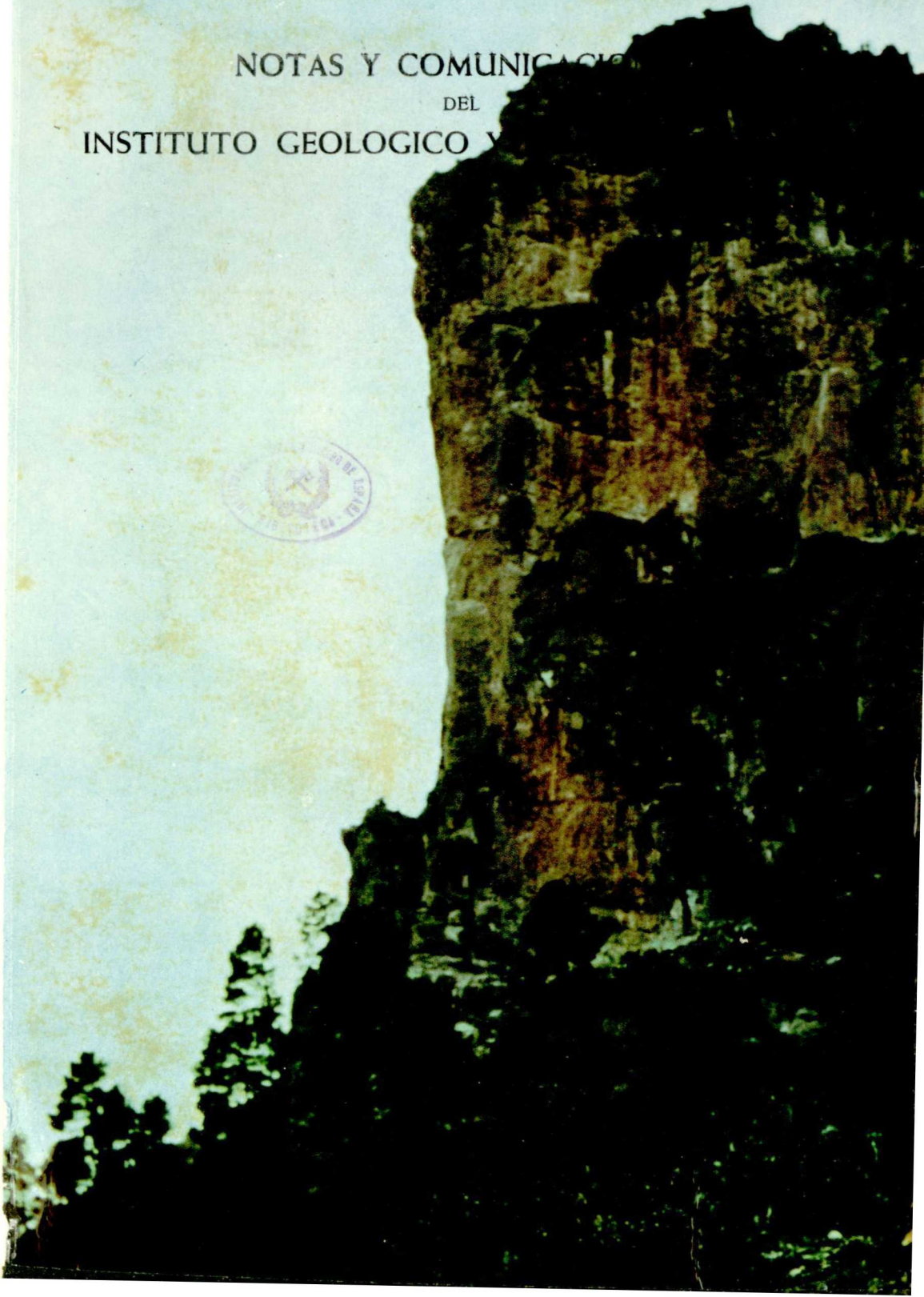


AÑO 1961

II TRIMESTRE

NUM. 62

NOTAS Y COMUNICACIONES
DEL
INSTITUTO GEOLOGICO Y



NOTAS Y COMUNICACIONES
DEL
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO
DE ESPAÑA

62



SEGUNDO TRIMESTRE

M A D R I D
1 9 6 1

El Instituto Geológico y Minero de España hace presente que las opiniones y hechos consignados en sus publicaciones son de la exclusiva responsabilidad de los autores de los trabajos.

Los derechos de propiedad de los trabajos publicados en esta obra fueron cedidos por los autores al Instituto Geológico y Minero de España.

Queda hecho el depósito que marca la Ley.

NUESTRA PORTADA

Escarpes de caliza jurásica de la zona de las Banderillas, bellísimo rincón de la Sierra de Cazorla (Jaén).

La fotografía no llega a dar idea de la magnitud del abismo al que se asoma este bastión calizo, que preside un angosto valle cubierto de bosque de pino.

En el número anterior (61):

La «foz» de Estrechura en Fresnedo (Teverga-Asturias), Hoja núm. 77. La caliza de montaña que sirve de base al Carbonífero de la cuenca de Teverga, está cortada por dos grandes «foces», Caranga al Norte, y Estrechura al Sur.

Estos profundos tajos que la erosión fluvial ha producido son aprovechados por las carreteras que comunican Teverga con Oviedo (foz de Caranga) y con León (foz de la fotografía).

En la ladera de la derecha en la foto, margen izquierda del río, hay una magnífica muestra de erosión cársica, las cuevas de Fresnedo.

Depósito Legal M. 1.882.-1958

C. BERMEJO, IMPRESOR. — I. GARCIA MORATO, 122. — TELEF. 233-06-10. — MADRID

AGUSTIN NAVARRO ALVARGONZALEZ y EMILIO TRIGUEROS MOLINA
Ingenieros de Minas

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DEL TERMINO MUNICIPAL DE MAZARRON (MURCIA) (*)

I

SUMARIO: I. *Geografía física*.—II. *Hidrología*.—III. *Geología*.—A) *Estratigrafía*. B) *Tectónica*.—IV. *Hidrogeología*: a) Cuenca hidráulica subterránea, b) Permeabilidades y rendimientos, c) Niveles hidráulicos subterráneos, d) Niveles piezométricos, e) Análisis de aguas, índice de salinidad, temperaturas, f) Balances hidráulicos.—V. *Apéndice*. Se acompañan los siguientes planos: Plano Topográfico del término, Plano estratigráfico, estructural y cortes geológicos, Plano de situación de aprovechamientos existentes y de cuencas hidráulicas subterráneas, Plano de permeabilidades y rendimientos específicos de labores, Planos de niveles hidráulicos subterráneos, Planos de niveles piezométricos, Planos de índice de salinidad, Gráficos de porcentajes relativos de aniones y cationes disueltos.

RESUMEN

Se estudian las características hidrogeológicas del término de Mazarrón (Murcia). En primer lugar, se da un plano geológico de detalle y un estudio estratigráfico y tectónico. Después se estudian 254 puntos acuíferos del país hasta obtener planos generales de los niveles hidráulicos subterráneos, piezométricos y planos de salinidad.

Se estudian las capas acuíferas y sus posibilidades como suministradores de agua y se llega al final a un balance hidráulico de cada una de las cuencas hidráulicas subterráneas.

SUMMARY

These work deals with the hydrogeological features of the country of Mazarrón (Murcia). In the first place, we have made a detailed geological map with stratigraphic and tectonic additions.

(*) Este estudio ha sido solicitado, a través del Instituto Nacional de Colonización, por la Delegación de Sindicatos y la Hermandad de Labradores de Mazarrón.

La toma de datos hidrológicos fue realizada por los facultativos de minas Sres. Barrera y Núñez. Los estudios petrográficos y granulométricos por los Laboratorios del Instituto Geológico y Minero de España, y los análisis de aguas por el Laboratorio del Instituto Nacional de Colonización.

El estudio fotogeológico y el general hidrológico ha sido realizado por el Instituto Geológico y Minero de España.

We have studied after, 254 water points of the country in view to obtain general maps of the water table, underground and piezometric levels, and also salinity maps.

We have also studied the acuífer beds and his possibilities as water supplies and we end with a hydraulic balance-sheet of the different underground hydraulic bassins

I. GEOGRAFÍA FÍSICA

Situación: Provincia de Murcia (Plano 1).

Límites: Los términos de Lorca, Totana, Alhama de Murcia y Cartagena, y por el mar Mediterráneo.

Extensión: 318.867,500 metros cuadrados.

Orografía: Muy variada. Las elevaciones principales, son: Sierra de la Almenara (picos Campico, 683 metros, y Aguila, 581 metros), Sierra del Algarrobo (El Algarrobo, 713 metros), Sierra de lo Alto (540 metros), Sierra de las Moreras (Los Cucos, 594 metros Morro Blanco, 431 metros). Estas sierras limitan el amplio valle de Mazarrón, y los de Ifre, Pastrana, etc.

Hidrografía: No existe dentro del término ningún curso de agua continuo. Numerosas ramblas y barrancos lo cruzan, secos casi todo el año.

II. HIDROLOGÍA

a) Generalidades.

El clima de Mazarrón es cálido y seco. En cuanto a precipitaciones, en la figura 1 se representan los totales anuales para una serie de años, con datos de tres estaciones de la zona.

Para conocer la repartición mensual de las lluvias, en la figura 2 se representan los totales de tres años consecutivos.

Finalmente, para conocer el tipo de repartición diaria, se ha representado en la figura 3 el total diario durante el mes de septiembre de 1959.

A la vista de estos gráficos, podemos resumir:

- Un promedio anual de lluvias de 275 l/m^2 en los llanos.
- Este promedio debe elevarse en las zonas montañosas a 325 l/m^2 , tan o por precipitaciones como por nieblas, nubes, etc.
- Dentro de cada mes, cuando llueve lo hace abundante y de poca duración.

Existen en el término numerosos cauces de ramblas, pero ninguno de circulación permanente de aguas superficiales.

En conjunto, pues, nos encontramos con una zona de escasas precipitaciones, y las pocas que ocurren violentas, abundantes y de poca duración. Es decir, las condiciones más adversas para la recarga de un acuífero.

En cuanto a temperaturas, la figura 4 muestra las medias mensuales de máxima y mínima diarias, a lo largo de dos años.

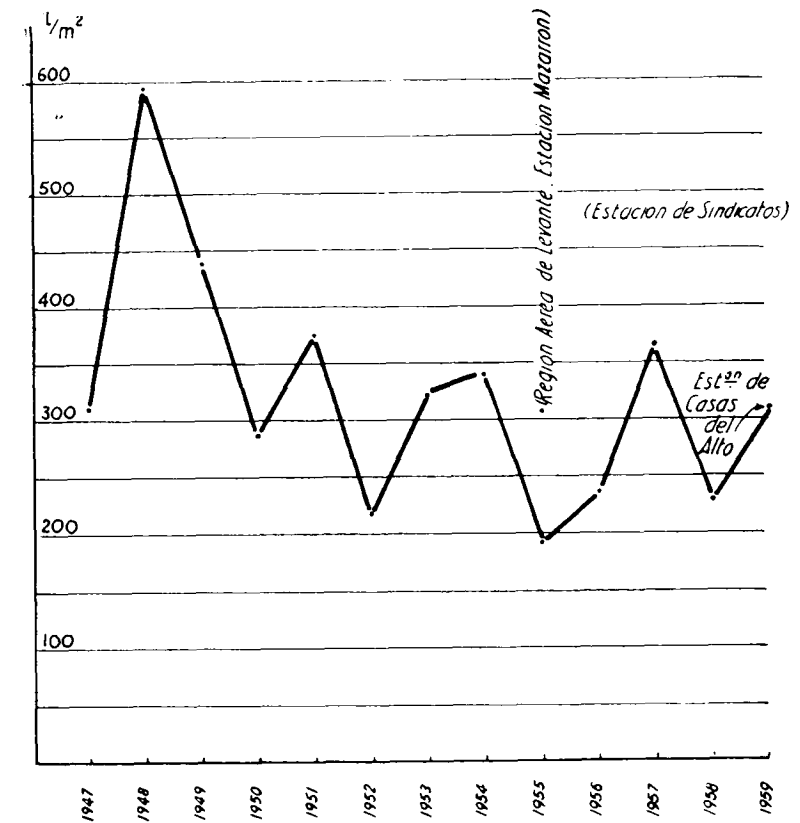


Fig. 1.

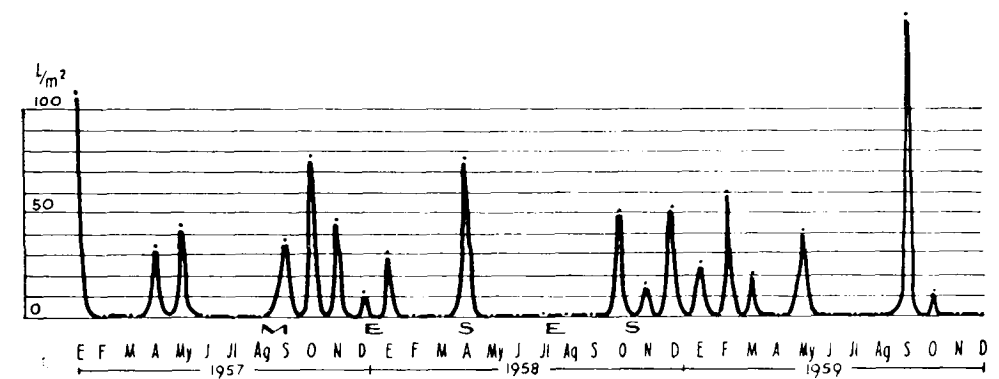


Fig. 2.

Las medias mensuales oscilan desde 5°C hasta 30°C. Las oscilaciones medias son de 5 a 10°C.

El clima se presta a toda clase de cultivos, especialmente para agrrios, tomates, pimientos, verduras etc.

El índice de aridez (Martonne) arroja para la región un valor de $Ar =$

$$= \frac{P}{(T + 10)} = 8,25.$$

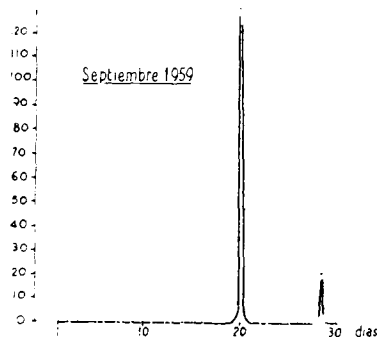


Fig. 3.

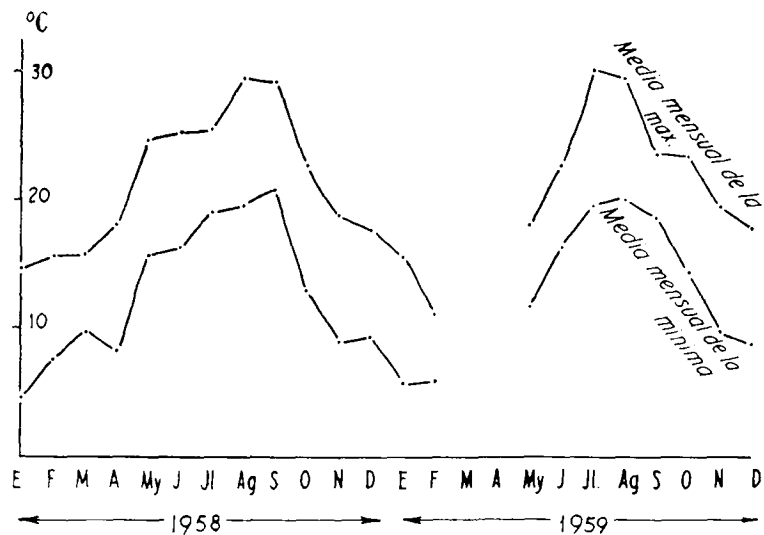


Fig. 4.

b) Toma de datos.

Se han estudiado más de doscientos cincuenta puntos acuíferos de la zona. Para cada uno de ellos se ha utilizado una ficha según modelo adjunto, en la que figuran los más importantes datos hidrológicos de campo.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
SECCION DE HIDROLOGIA SUBTERRANEA

Término municipal de	Zona		
N.º	Clase de obra		
	Diámetro	Profundidad	Cota s. n. m.
Galería.....			
Pozo.....			
Sondeo.....			
Manantial.....			
Nivel donde se corta el agua (Hidráulico subterráneo).....			
Nivel estático (Piezométrico).....			
Nivel dinámico.....			
Depresión (m)	} Rendimiento específico γ		
Caudal (l/s)			
Dirección entrada del agua			
Clase de roca	} Esteril } Acuífera		
Toma de muestra de agua			
Temperatura			
Fecha			
Observaciones			
Paraje			
Propietario			
Constructor			

Cuando hay posibilidad, se ha adjudicado columna de sondeo.

En el plano 3 se sitúan, en un plano escala 1:50.000 todas las labores y manantiales, que han servido de base para el informe hidrogeológico de la presente Memoria, numerados en orden correlativo. De cada uno de ellos, además de una ficha como la anterior, se ha obtenido un análisis completo del agua, según el siguiente modelo:

Número de Laboratorio: 6.476.

Procedencia y descripción de la muestra: Murcia, Mazarrón, muestra 224.

	Meq/l	g/l
Residuo seco a 105 °C.....	78,6	2,326
Cloro (Cl').....	11,2	0,400
Carbónico (CO ₃ '').....	0,1	0,003
Bicarbonato (CO ₃ H').....	6,7	0,408
Sulfúrico (SO ₄ '').....	21,8	1,046
Calcio más magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺).....	27,7	0,418
Sodio (Na ⁺).....	10,8	0,248
Potasio.....	0,3	0,012
Calcio.....	10,1	0,202
Boro.....	0	0
Conductividad eléctrica a 25 °C.....	3,21 micromhos/cm.	
Índice de Scott.....	5,1	
SAR.....	2,9	
Clasificación.....	C4-S1	

Informe: No es apropiada más que en circunstancias muy favorables, tales como suelos muy permeables, drenaje muy intenso y cultivos muy tolerantes a la salinidad. Sin problema de sodio.

Tomando como base los anteriores análisis, se han calculado los índices de salinidad, referidos al Na Cl, y los porcentajes relativos de aniones y cationes del agua.

Para el caso anterior, resulta:

Índice de salinidad: 0.65.

Porcentajes relativos:

Cl'	21,5
CO ₃ H'	22,0
SO ₄ '	56,4
Na ⁺	37,5
Ca ⁺⁺	30,5
Mg ⁺⁺	31,9

III. GEOLOGÍA

A) Estratigrafía (Plano 1)

Rocas ígneas.

a) Roca lávica, de composición intermedia, con plagioclasa y biotita como principales componentes.

El plagioclasa muestra prismas rectangulares aislados o en agrupaciones (agregados) de un zonado muy acusado, con el borde más sólido que el núcleo, y maclas múltiples de desarrollo incompleto, con gran cantidad de inclusiones de vidrio. Estas están distribuidas bien en anillos, según el zonado, u ocupando el núcleo, como ocurre en las secciones de tamaño medio y fino, o bien distribuidas regularmente por todo el cristal, pero esto es lo menos frecuente. El contenido de anortita, An., asciende a 45 por 100, que corresponde a una andesina básica cercana a labrador.

La biotita muestra multitud de láminas distribuidas con regularidad en la pasta, de color pardo rojizo, con fuerte pleocroísmo.

Además de estos dos principales componentes se observan cuarzo en cantidad apreciable y sanidino, augito, apatito, circón y magnetita como componentes accesorios.

El cuarzo muestra fenocristales de buen tamaño, incluso mayores que los de plagioclasa, fracturado (las fracturas suelen ir rellenas de vidrio), de extinción débilmente ondulosa, con inclusiones de biotita y plagioclasa; el sanidino presenta secciones transparentes rectangulares, buen crucero (001), fracturas más netas que el crucero, pero mucho más irregulares y maclas de Carlsbad; suele ir acompañado de cuarzo, que como el sanidino es transparente, y hay que ser cuidadoso en su identificación, pues a primera vista, algunas de las secciones son muy parecidas a las del sanidino; le separa de éste su mayor índice de refracción. Las secciones de piroxeno monoclinico, que por su extinción parece ser augito, son muy raras; sin embargo las de apatito son bastante frecuentes.

La matriz (pasta) consta, se puede decir, totalmente de vidrio isótropo, transparente y con índice de refracción inferior al del bálsamo de Canadá.

Composición modal.—C. principales: Plagioclasa (andesina), biotita, cuarzo y vidrio. C. accesorios: sanidino, apatito, augito, magnetita y circón.

Clasificación.—Debido a la proporción elevada de cuarzo, la roca es denominada *Dacita*.

Otras muestras recogidas son una composición totalmente igual, acaso con algo menos de piroxeno monoclinico, que en realidad no tiene la menor importancia, ya que es componente accidental.

La diferencia fundamental la constituye la pasta. En la muestra anterior, la pasta constaba solamente de vidrio con algún que otro rarísimo microlito de plagioclasa. En otras, es particularidad de la pasta, su recristalización. Esta recristalización de la pasta, o sea, mayor o menor cantidad de vidrio, no se debe a condiciones efusivas especiales, sino que se explica por transformación del vidrio de tipo meteórico o simplemente vejez.

En una muestra se observan ciertas áreas de textura fluidal, debida a una alineación imperfecta de microlitos feldespáticos en vidrio isotropo. En otras, el vidrio se muestra intercalado con feldespato en formaciones radiales distribuidas parcialmente y con frecuencia en los bordes de los fenocristales.

Clasificación.—Dacitas.

Afloramientos.—Plutón de Mazarrón, en su mayoría recubierto por terrenos miocenos y pliocenos. Está limitado por las Sierras de la Almenara, El Algarrobo y Las Moreras, cuyos estratos aparecen, a veces, levantados. El afloramiento más septentrional que hemos visto, está junto a la desviación a Gañuelas de la carretera de Totana.

b) Roca metamórfica de la mesozona con anfíbol, plagioclasa y epidota con principales componentes.

Textura.—Nematoblástica esquistosa. La esquistosidad está marcada más que nada por las secciones de anfíbol, paralelamente orientadas en bandas.

El plagioclasa es de composición ácida (albita), corrientemente no maclado, o maclas muy raras de Carlsbad, transparente, alotriomorfo con multitud de inclusiones de todos los posibles componentes que contiene la roca: anfíbol, epidota, cuarzo, carbonatos, esfena (titanita), mineral metálico, apatito y circón.

El anfíbol es de color verde, pleocroico, maclado, con características de hornablenda, acompañado siempre de epidota. Esta muestra secciones irregulares, de fuerte relieve, debido a su alto índice de refracción (1.7), con colores anómalos y vivos de polarización que la caracterizan.

Composición modal.—C. principales: Hornablenda, albita, epidota. C. accesorios: Carbonatos, cuarzo, apatito, circón, mineral metálico.

Clasificación.—Anfibolita epidótica.

Afloramientos.—Sierra del Algarrobo y Sierra de lo Alto.

c) La lámina delgada muestra una matriz plutónica intermedia (diabasa?), contaminada por asimilación de rocas de carbonatos, a juzgar por los silicatos cálcicos originados: granate, titanita, plagioclasa, zoisita.

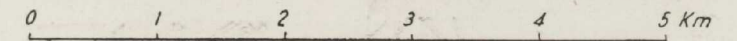
El componente félsico (plagioclasa) está completamente sustituido por agregados de zoisita (relieve alto y colores anómalos, azulados de polarización).

El ferromagnesiano (quizá piroxeno), está convertido en hornablenda, bien en forma de grandes cristales o agregados nomatoblásticos con zoisita.

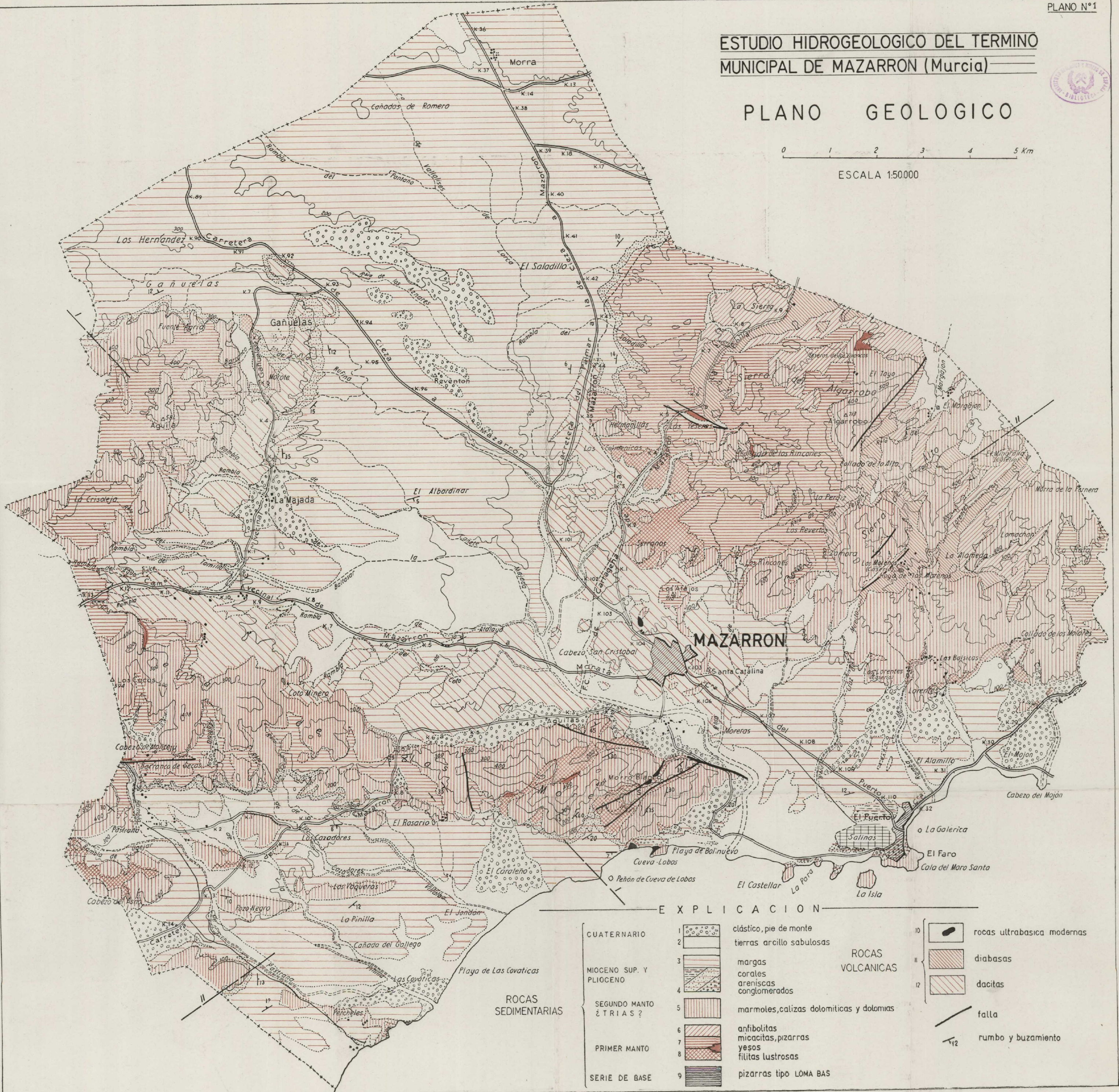
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DEL TERMINO MUNICIPAL DE MAZARRON (Murcia)



PLANO GEOLOGICO



ESCALA 1:50000



EXPLICACION

CUATERNARIO	1	clásico, pie de monte	10		rocas ultrabásica modernas
	2	tierras arcillo sabulosas	11		diabasas
MIOCENO SUP. Y PLIOCENO	3	margas corales	12		dacitas
	4	areniscas conglomerados			falla
SEGUNDO MANTO ¿ TRIAS ?	5	marmoles, calizas dolomíticas y dolomias			rumbo y buzamiento
PRIMER MANTO	6	anfibolitas micacitas, pizarras yesos			
	7	filitas lustrosas			
SERIE DE BASE	8	pizarras tipo LOMA BAS			
	9				

ROCAS SEDIMENTARIAS

ROCAS VOLCANICAS

Puede atribuirse a los períodos dentéricos la zoisitación del plagioclasa y sustitución por clorita, esfena y anfíbol de los minerales ferromagnesianos.

Los minerales de relleno de huecos, suelen ser plagioclasas no maclado o con un maclado indefinido (planos de macla poco netos), de nueva generación epidota, granate isótropo, cuarzo mineral metálico (magnetita convertida sobre todo en los bordes en hematites).

Composición modal.—C. principales: Hornablenda, zoisita. C. accesorios: Epidota, plagioclasa, granate, esfena, clorita, mineral metálico, apatito, cuarzo.

Clasificación.—*Diabasa*?, muy alterada por acciones de contacto.

Afloramiento.—Zonas de contacto entre la roca anterior y las dolomías, en la Sierra del Algarrobo.

d) Roca lávica de composición básica con olivino, piroxeno monoclinico y plagioclasa, como principales componentes.

La proporción de los minerales máficos (olivino + piroxeno), es muy superior a los félsicos (plagioclasa).

Textura.—Porfídica, con fenocristales de olivino exclusivamente, pasta hialopilitica.

El olivino muestra fenocristales de configuraciones idiomórficas, con una corona de alteración de idagsita.

El plagioclasa y piroxeno monoclinico no muestran fenocristales, sino que se encuentran en la pasta, junto con mineral metálico (magnetita titanífera) y vidrio.

El plagioclasa forma pequeñas varillas macladas de un contenido de An de 58-60 por 100, según la determinación con la Platina de Fedorov.

El piroxeno monoclinico muestra diminutos prismas, de color verdoso-pardo claro, de extinción zonada, con ángulo axial de 46-48° positivo, característico para el augito.

La pasta contiene además vidrio de color pardo-rosado, que envuelve los macrolitos de plagioclasa y piroxeno, de un índice de refracción inferior al bálsamo de Canadá.

La particularidad de la roca, además de su composición y textura, son grandes vesículas, generalmente huecas, otras veces, las menos, rellenas a medias de carbonatos cálcicos.

Composición modal.—C. principales: Olivino, plagioclasa (labrador), piroxeno monoclinico (augito). C. accesorios: Mineral metálico opaco, por lo visto magnetita-titanífera. C. secundarios: Idingota por el olivino.

Clasificación.—Basalto olivínico vesicular.

Afloramiento. Kilómetro 103,5 de la carretera de Totana a Mazarrón, dentro del plutón de Dacitas y en Cueva-Lobos.

Se trata de una última intrusión ultrabásica, bastante reciente, ya que incluso el Plioceno se encuentra afectado por ella.

Rocas sedimentarias.

a) *Metamórfico de base.*—Pizarras y esquistos con vetas de calcita y cuarzo, de aspecto exterior oscuro y negruzco.

Afloramiento: En la cala de los Percheles, junto al mar.

b) *Primer manto.*—1) Filitas y esquistos satinados más o menos talcosos, de colores brillantes y en zonas abigarrados, violáceos, azulados y verdosos.

Composición modal.—C. principales: Carbonatos, óxidos de hierro, toda clase de micas. C. accesorios: Cuarzo, circón, turmalina, apatito.

Observaciones.—Roca de grano muy fino, extraordinariamente blanda (se logra con facilidad cortar capas con cuchillo), porosa, ligera, compuesta en su mayor parte de material micáceo, óxido de hierro y pequeños granillos de carbonatos, distribuidos normalmente en la matriz pizarrosa. Las micas le dan macroscópicamente un aspecto sedoso, satinado, teñido por los óxidos.

Roca parametamórfica, perteneciente a las más bajas etapas del metamorfismo regional, cuando posiblemente las principales actividades de éste eran las acciones dinámicas.

2) En algunos puntos, intercalados con las filitas satinadas, se ven bancos de cuarcitas blancas, de 1 a 10 metros de potencia.

3) Roca esquistosa de la epizona, compuesta principalmente de cuarzo y muscovita.

Textura.—Esquistosa, bandas paralelamente orientadas de cuarzo unas, de muscovita las otras, y las terceras están compuestas de carbonatos, casi totalmente sustituidos por óxidos de hierro. El cuarzo muestra diminutas secciones, de bordes poco netos, incluso festoneados, de extinción ondulante. Además de muscovita, cuarzo, óxidos de hierro y carbonatos como componentes accesorios, identificamos secciones de turmalina, apatito, circón, magnetita y clorita. Todos ellos, menos la clorita de origen detrítico.

Clasificación.—Esquisto micáceo.

Son micacitas de grano fino, quebradizo y brillante, con intercalaciones de pizrrillas talcosas en láminas, y bancos de pizarras cuarcitosas y arenas de tacto basto.

Es una serie fundamentalmente esquistosa, plateada, con intercalaciones de pequeños tramos arenosos, calizas y anfíbolitas.

4) Los paquetes de anfíbolitas y pizarras cloríticas, toman importancia en el techo de la serie.

La anfíbolita es una roca metamórfica de la mesozona con anfíbol, plagioclasa y epidota como principales componentes.

Textura.—Nematoblástica esquistosa. La esquistosidad está marcada más que nada por las secciones de anfíbol, paralelamente orientadas en bandas.

El plagioclasa es de composición ácida (albita), corrientemente no maclado, o maclas muy raras de Carlsbad, transparente, alotriomorfo con multitud de inclusiones de todos los posibles componentes que contiene la roca: anfíbol, epidota, cuarzo, carbonatos, esfena (titanita), mineral metálico, apatito, circón. El anfíbol es de color verde, pleocroico, maclado con características de hornablenda, acompañado siempre de epidota. Esta muestra secciones irregulares de fuerte relieve, debido a su alto índice de refracción, con colores anómalos y ricos de polarización, que la caracterizan.

Composición modal.—C. principales: Hornablenda, albita, epidota. C. accesorios: Carbonatos, cuarzo, apatito, circón, mineral metálico.

Clasificación.—Anfíbolita epidótica.

Estas anfíbolitas aparecen en estrecha relación con las diabasas, por lo que más que un tramo de la serie esquistosa pueden producirse por metamorfismo debido a las diabasas, y pertenecer en realidad al paquete 3).

5) Dentro del primer manto hay acumulaciones locales de yesos, que se presentan en masas alargadas o lentejones, junto con otras sales secundarias.

Afloramientos.—Para ver los afloramientos, mirar en el plano 1. Forman la base de las zonas montañosas.

c) *Segundo manto.*—1) Calizas cristalinas (mármoles). Textura granoblástica saturada, y sus secciones de calcita no muestran señales de deformación, pues no tienen extinción ondulada ni sus maclas o planos de deslizamiento aparecen curvados. Todo hace suponer que la recristalización es postectónica.

Índice de refracción del rayo ordinario, número = 1,65 (calcita).

Las secciones de calcita aparecen macladas de un tamaño medio de 0,5 milímetros de diámetro en una muestra, y 0,2 en otra, superior. Esta última tiene grano más pequeño y menor cantidad de minerales accidentales (muscovita y cuarzo).

Clasificación.—Mármol (Caliza cristalina).

Episódicamente, intercalados en los bancos de mármol, existen paquetes de dolomías.

2) Serie de poca potencia de calcoesquistos y calizas y dolomías, en las que se observan láminas de muscovita orientadas irregularmente y cuarzo. Esta lámina más plástica (10 a 15 milímetros de potencia), ha funcionado ocasionalmente como superficie de despegue entre el grueso banco inferior de mármoles y calizas dolomíticas y el grueso banco superior de dolomías.

3) Roca de origen sedimentario, metamorfizada, compuesta de pequeños granos (tamaño medio 0,1 mm. de diámetro) de dolomita.

Textura.—En mosaico, granoblástica. Entre los granos de dolomita suelen observarse finas láminas de muscovita, pequeños granos de plagioclasa, cuarzo y magnetita.

El índice de refracción del rayo ordinario de esta roca determinado por el método de inmersión, tiene valor número = 1,67 (dolomita).

Atraviesan la roca varias fracturas rellenas de limonita.

Las minas de hierro de la zona corresponden a este paquete.

En el plano 1, los niveles 1), 2) y 3) se han dibujado juntos.

d) *Plioceno*.—1) Serie basal. Se compone de conglomerados de canto variable de calizas, dolomía y pizarra, y cemento arcilloso y calizo de los mismos componentes. Aflora sólo en la costa, entre el Puerto y Bolnuevo. En otros lugares, la base del Plioceno lo forma una serie de molasas y calizas arenosas, detríticas finas, como los del límite del término de Mazarrón con el de Lorca.

Localmente, sobre los conglomerados existen un paquete de molasas arrecifales, que se cortan en la carretera del Puerto a Mazarrón, cerca de aquél.

Cuando la base del Plioceno se apoya sobre las dacitas, obtenemos la siguiente roca:

Origen detrítico (sedimentario), compuesta de dos unidades: fragmentaria y matriz. La unidad fragmentaria consta principalmente de pequeños fragmentos de cuarzo, láminas de biotita, plagioclasa zonada, vidrio, roca (dacitas y andesitas), glauconita, muscovita, de microorganismos de calizas organógenas, clorita, turmalina, apatito, anfíbol, epidota y circón, son accidentales.

El principal material fragmentario es derivado de la erosión de dacitas y andesitas (las láminas de biotita, cuarzo, plagioclasa zonada, vidrio, fragmentos de esas rocas, compuestos de fenocristales de biotita y plagioclasas, incluidos en una pasta vidriosa de textura fluidal, marcada por los micro-litos de plagioclasa).

Los fragmentos apenas han sido rodados, por lo que conservan unos contornos totalmente angulosos. El tamaño del material detrítico es variable: los fragmentos de dacita tienen un medio de 1,2 mm., el cuarzo y plagioclasa 0,7-0,5 mm., las láminas de biotita tienen 0,5 por 0,03 mm. muy alargadas.

La pasta está compuesta de material arcilloso con diminutas secciones de carbonatos (composición margosa), en algunas ocasiones se observan buenos cristales de calcita maclados, producto de recristalización.

Muchas de las láminas estrechas y alargadas de biotita, distribuidas regularmente, dan la impresión de estar orientadas paralelamente (resedimentación). Se han localizado multitud de diminutos microorganismos de foraminíferos, principalmente compuestos de ópalo y otros materiales, algunos de ellos de buena conservación.

La roca contiene materia orgánica opaca.

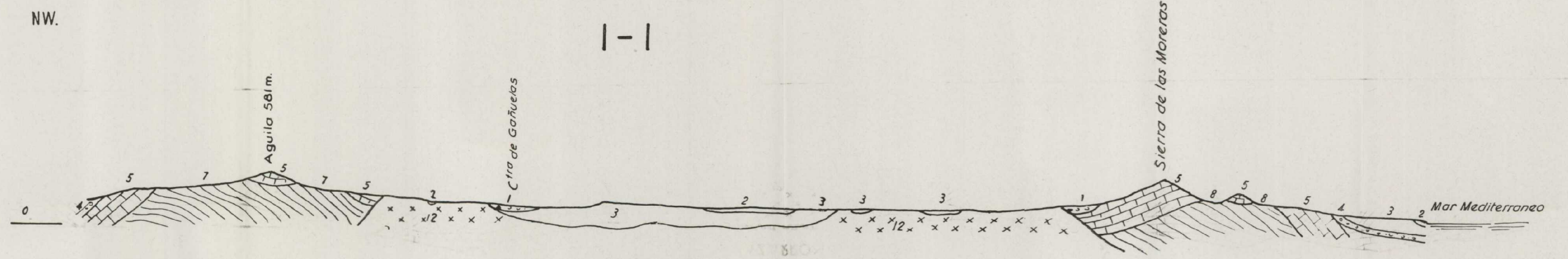
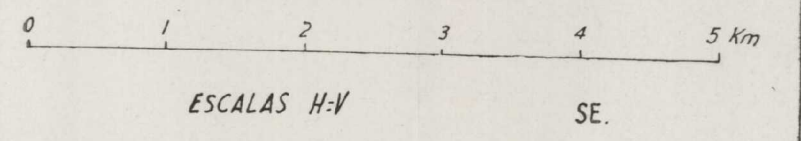
2) *Serie media y superior*.—Se compone de un paquete potente de mar-



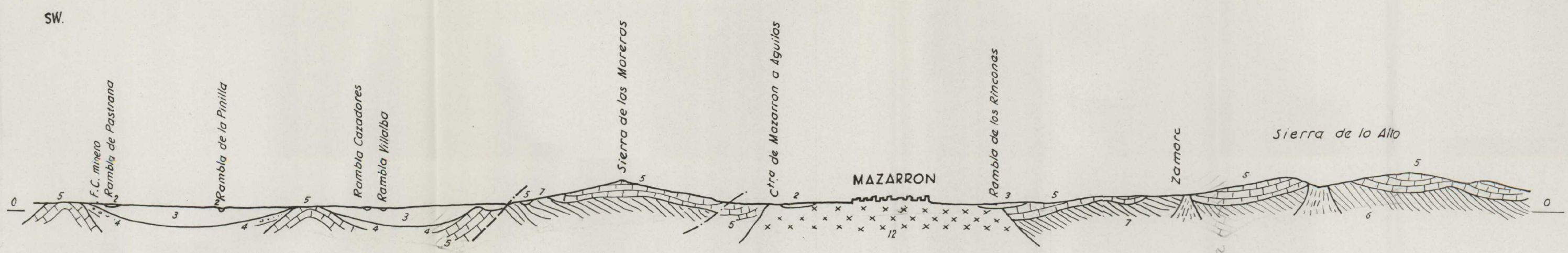
EXPLICACION

CUATERNARIO	1	clastico .pie de monte	ROCAS VOLCANICAS	11	diabasas
	2	tierras arcillo sabulosas		12	dacitas
MIOCENO SUP. PLIOCENO	3	margas			
	4	corales areniscas conglomerados			
TRIAS	5	marmoles .calizas dolomiticasy dolomias			
	6	anfibalitas			
	7	micacitas .pizarras			
	8	yesos filitas lustrosas			

CORTES



II - II



gas, con algunos nivelillos de macizos y molasas, localizados, sobre todo, en la base y cerca del techo de la serie.

En los bancos margosos, hemos encontrado las siguientes especies fósiles:

Terabratula ampulla, Brocc.
Terabratula biplicata, Brocc.
Chlamys opercularis, Lam.
Chlamys scabrellus, Lam.
Chlamys hollencensis, Mayer.
Amussium cristatum, Brocc.
Chlamys sp.
Ostrea sp.

que determinan la edad pliocena de la formación.

e) *Cuaternario*.—Forma los cauces de las ramblas, algunos pies de monte elásticos y travertínicos, fundamentalmente calizos, y tierras de labor arcilloso-calizas a expensas de los suelos anteriores pliocenos.

Si extensión y tipo se aprecia claramente en el mapa 1. El Cuaternario basal suele ser de tipo más detrítico, teniendo arenas y conglomerados de canto calizo principalmente.

B) *Tectónica*

En conjunto, la tectónica de la zona se explica en pocas palabras. Existe una serie plegada metamórfica de base, que se toma como autóctona, sobre la que han deslizado, aparentemente en dos épocas distintas dos series. La primera, pizarrosa y esquistosa, y sobre ella, la segunda, calizo-dolomítica. A esta última serie se le suele asignar edad triásica, pero sin base paleontológica.

Tras estos deslizamientos, hay un período de intrusiones magnéticas, principalmente las dacitas. Todo ello, en régimen de inmersión.

Con posterioridad, empieza la sedimentación y erosión pliocenas, cuando el mar ya no cubría por entero la zona de la que emergían como islas los núcleos montañosos.

Hacia el final del Plioceno, el mar se retira definitivamente del interior, hasta una posición que, aproximadamente, es la actual.

Como resultado de este tipo de tectónica, no hay estructuras de plegamiento propiamente dichos. Las series sedimentarias consecutivas aparecen sucesivamente arrasadas por la erosión. Como producto de esa erosión y de los deslizamientos, las discordancias aparecen, tanto al techo como al muro de los contactos. La enorme plasticidad de las series ha facilitado todos estos movimientos.

Las capas calizas del segundo manto muestran una disposición caótica regional, si bien localmente pueda reconocerse la estratificación. Cuando esto ocurre, se ven las capas cortadas limpiamente por la superficie de deslizamiento.

En las zonas de contacto, las calizas aparecen brechilicadas y vuelas a recristalizar, y las pizarras laminadas y revueltas.

Tras la sedimentación pliocena se notan unos débiles movimientos orogénicos póstumos, que coinciden con la inserción de algunas chimeneas ultrabásicas y, que ondulan suavemente las capas pliocenas. En conjunto, las series del Plioceno aparecen adoptando una disposición sinclinal, con bordes levantados y centro tendido, pero la mayor parte de esta disposición se debe al mismo estilo sedimentario de costas con pendiente pronunciada.

Nada se sabe de la edad de los movimientos orogénicos con certeza. Normalmente, se les asigna una edad alpina, pero dentro del área de Mazarrón no es posible afinar más la edad.

El substrato del Plioceno es también muy variable. Localmente se apoya sobre el metamórfico de base, sobre el primer manto, sobre el segundo o sobre las rocas volcánicas dacíticas.

Desde el punto de vista hidrológico, ello representa una dificultad de primer orden, pues la permeabilidad de esos terrenos es totalmente diversa. A ello se suma también una gama de permeabilidad muy amplia dentro de la misma base del Plioceno.

En el plano 2, se ofrecen dos cortes estructurales, que dan idea de la disposición tectónica del conjunto de las series.

IV. HIDROGEOLOGÍA

a) Cuencas hidráulicas subterráneas

El término municipal de Mazarrón tiene tres cuencas hidráulicas independientes de mayor orden. En el plano 3 figuran aisladas cada una de ellas.

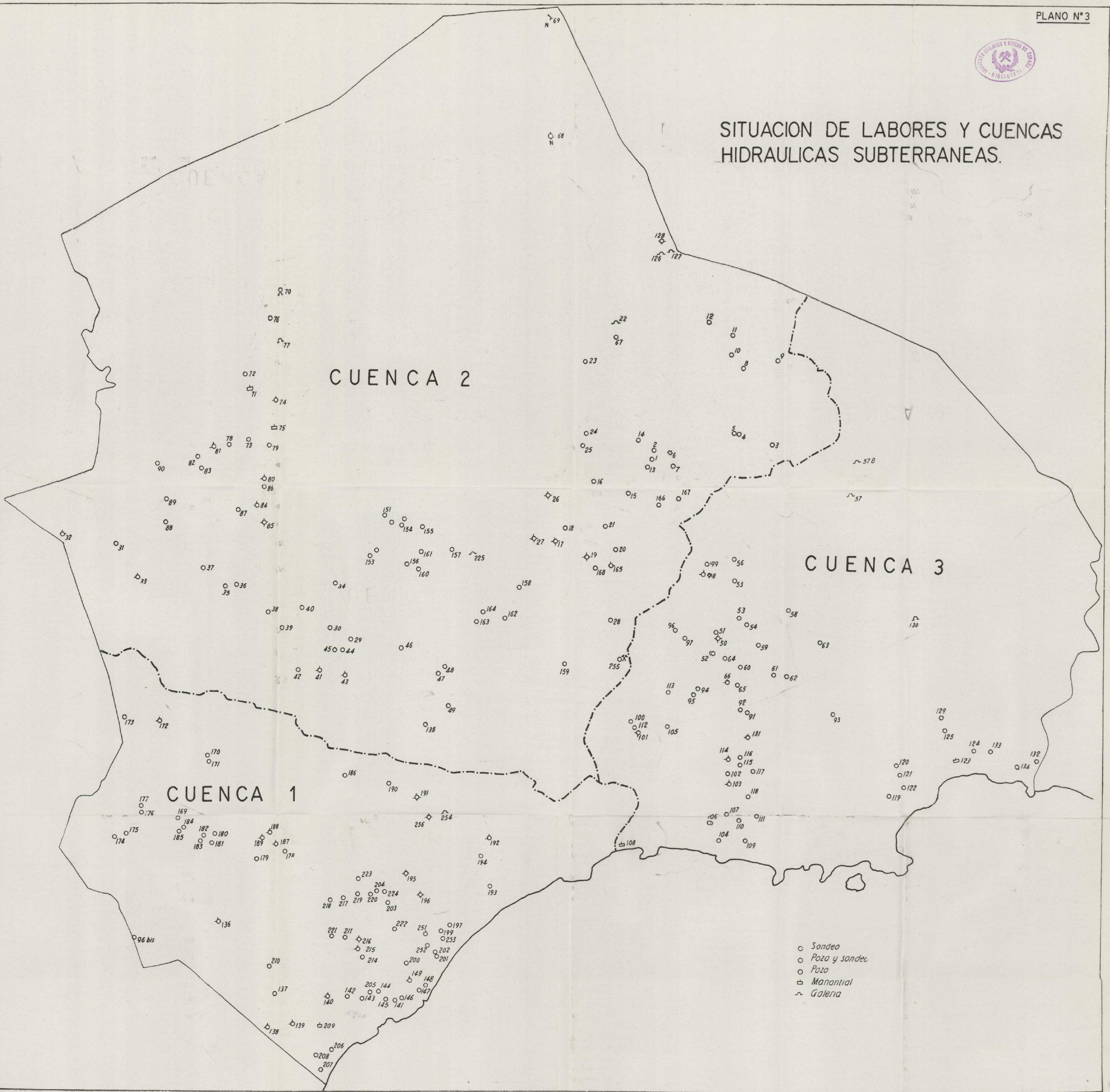
La unidad de cuenca hidráulica es un factor fisiográfico y topográfico fácil de aislar. Las cordilleras, montañas y elevaciones nos determinan la división del término en zonas, siendo aquéllas las divisorias de aguas.

En conjunto, la cuenca o zona primera es independiente totalmente de la segunda y tercera. Entre estas dos últimas existe cierta relación, pues la descarga de la segunda se realiza a través de la tercera.

Estas cuencas hidráulicas números 1, 2 y 3, no coinciden en extensión con el término municipal, sino que pertenecen a una estructura de mayor orden, es decir, dicho término comprende parte de las cuencas primera,



SITUACION DE LABORES Y CUENCAS HIDRAULICAS SUBTERRANEAS.



- Sondeo
- Pozo y sondeo
- Pozo
- Manantial
- ~ Galería

segunda y tercera, y en las divisorias que se indican en el plano 3 están sólo la parte de divisoria de cuencas que queda dentro del término de Mazarrón.

A continuación estudiaremos sucesivamente cada una de dichas cuencas.

1) Cuenca núm. 1.

La cuenca número 1 del término de Mazarrón tiene superficie aproximada de 57.192.000 metros cuadrados. De ellos, un cuarto corresponden a zonas montañosa y tres cuartos a zonas más llanas y de menos relieve.

Con la lluvia anual, que hemos considerado al hablar de hidrología, resulta que sobre esta cuenca cae anualmente un promedio de 521 l/s. (litros cada segundo).

Los aforos realizados para el manto cuaternario arrojan la suma de 115 l s., y los del manto profundo 643 l s., lo que representa un total de 758 litros cada segundo.

Evidentemente, esta cifra no corresponde a la realidad, pues cada pozo o sondeo no trabaja a máximo rendimiento todos los segundos del año.

Para hacernos mejor idea del volumen de agua utilizado en esta zona, se ha calculado la superficie regable de dicha zona en hectárea 1.200 como mucho. Teniendo en cuenta el agua que necesita el tipo de cultivo predominante (tomate con el procedimientos de 1/4), en conjunto, y con mucho margen en exceso, hemos obtenido como cifra de utilización *real* de la reserva de un caudal promedio continuo de 70 l/s.

En el plano 4 se han separado cinco categorías de rocas, según su permeabilidad. En la Tabla siguiente se resumen los cálculos para obtener el total de agua infiltrada en la cuenca:

T A B L A I

Zona	Superficie (m ²)	Lluvia (l/m ² año)	% Infiltrado	Litros año infiltrados	l/s en la zona
1	15.522.500	325	65 %	3.279.000.000	104
2	6.100.000	175	55 %	587.000.000	19
3	2.825.000	175	45 %	222.000.000	7
4	6.875.000	175	25 %	300.000.000	9
5	25.875.000	175	5 %	226.000.000	7
				<i>Suma...</i>	146 l/s en la cuenca

En promedio, la cuenca se recarga con 146 litros cada segundo.

2) *Cuenca núm. 2.*

La cuenca número 2 tiene una superficie de 180,300,000 metros cuadrados, y una superficie de riego posible de 1,002.5 hectáreas. La superficie de riego actual es mucho menor, y por hoy se abastece de un caudal promedio de 50 l/s. Hay que tener en cuenta el desajuste de las lluvias que en conjunto totalizan otro tanto cuando el total 100 l/s.

De la superficie total de la cuenca, corresponden 66,250,000 metros cuadrados a zona montañosa y 114,050 metros cuadrados a zona llana.

Basándonos en esta última consideración, se calcula para el caudal promedio de lluvias que cae sobre la cuenca, 1,311 l/s.

En el plano I se han separado cinco categorías de rocas según su permeabilidad. En la tabla siguiente se resumen los cálculos para obtener el total de agua infiltrada en la zona.

T A B L A I I

Zona	Superficie (m ²)		Lluvia (l/m ² año)			Litros que infiltrados		l/s en la zona	
	Montaña	Llano	M.	Ll.	Inte- trado	Montaña	Llano	Mon- taña	Llano
1	58,037,500	—	325	—	65%	8,035,000,000	—	255	—
2	5,375,000	3,475,000	325	175	55%	960,000,000	334,000,000	31	10
3	16,950,000	—	325	—	45%	1,334,000,000	—	42	—
4	—	3,350,000	—	175	25%	—	272,000,000	—	8
5	19,625,000	93,587,000	325	175	5%	318,000,000	818,000,000	10	25
<i>Total...</i>								382	43

La recarga de la cuenca n.º 2 es de 382 litros por segundo.

3) *Cuenca núm. 3.*

La cuenca número 3 tiene una superficie de 81,375,000 metros cuadrados, y una superficie de riego posible de 787.5 hectáreas. La superficie de riego actual es mucho menor, y por hoy se abastece con un caudal promedio de 30 l/s.

De la superficie total de la cuenca, corresponden tres cuartas parte a zona montañosa, y el cuarto restante a zona llana.

Basándonos en esta última consideración, se calcula para el caudal promedio de lluvias que cae en la cuenca, 711.85 l/s.

En el plano I se han separado cinco categorías de rocas, según su

permeabilidad. En la tabla siguiente se resumen los cálculos para obtener el total de aguas infiltradas en la cuenca.

T A B L A I I I

Zona	Superficie (m ²)		Lluvia (l/m ² año)			Litros que infiltrados		l/s en la zona	
	Montaña	Llano	M.	Ll.	Infi- trado	Montaña	Llano	Mon- taña	Llano
1	10,188,750,000	—	325	—	65%	6,622,000,000	—	210	—
2	2,388,750,000	284,375,000	325	175	55%	1,313,000,000	156,000,000	42	5
3	520,000,000	1,706,250,000	325	175	45%	234,000,000	767,000,000	7	24
4	113,750,000	65,625,000	325	175	25%	28,000,000	16,000,000	1	1
5	7,426,250,000	1,071,875,000	325	175	5%	371,000,000	53,000,000	12	1
<i>Total...</i>								303	35

La recarga de la cuenca n.º 3 es de 303 litros por segundo.

3) *Permeabilidades y rendimientos*

1) *Cuenca núm. 1.*

En el plano I se ofrece un mapa de permeabilidades de los terrenos en superficie, tomando como índice de permeabilidad la capacidad de infiltración de agua de lluvia que ofrece cada uno de los terrenos diferentes.

La mayor permeabilidad la ofrecen las dolomías y calizas dolomíticas. En segundo lugar aparecen unos conglomerados travertínicos cuaternarios de pie de monte, y terrenos clásticos de aluvión, también recientes. Figuran luego las areniscas y molasas pliocenas, que forman en superficie alargadas bandas sobre dolomías y pizarras. Luego, los terrenos cuaternarios de tierras y campos de labor, y finalmente las margas pliocenas y las pizarras, esquistos, micacitas y filitas casi absolutamente impermeables.

En las partes bajas predominan las formaciones de baja permeabilidad, lo cual produce gran escorrentía superficial. El agua de escorrentía se canaliza en ramblas, cuyo cauce, más permeable sirve de recarga al manto cuaternario y al manto profundo, en aquellas zonas en que dicho cauce toca formaciones más permeables (calizas dolomíticas, dolomías del Triás y molasas y areniscas de la base del Plioceno).

Este tipo de recarga ocurre especialmente en la rambla de Pastrana, a la altura de las casas de los Carreros, de Pozo Negro y de Percheles, como resultado de las avenidas de dicha rambla.

En las partes altas afloran zonas de pizarras y fílitas con gran escorrea-tía. El agua superficial recarga los niveles de base del Plioceno.

Estos niveles de base del Plioceno bordean las formaciones antiguas de calizas-dolomías-pizarras y constituyen el nivel acuífero de mayor extensión en la zona, y a que es totalmente continuo en profundidad. Dada su poca potencia, en superficie afloran como una estrecha banda (nivel 3 del plano 4), que rodea las rocas más antiguas, pero los de uno y otro lado de los llanos se comunican bajo la tierra.

En el plano 4 se indican también los rendimientos específicos de los pozos y sondeos de la zona (rendimiento específico = q - caudal (l/s), dividido por la depresión (m)). No debe buscarse relación entre rend. esp. y la permeabilidad del terreno en superficie, más que cuando se trate de un acuífero superficial.

2) Cuenca núm. 2.

En el plano 4 se indican las permeabilidades superficiales de esta zona, tomando como índice el porcentaje de agua infiltrada.

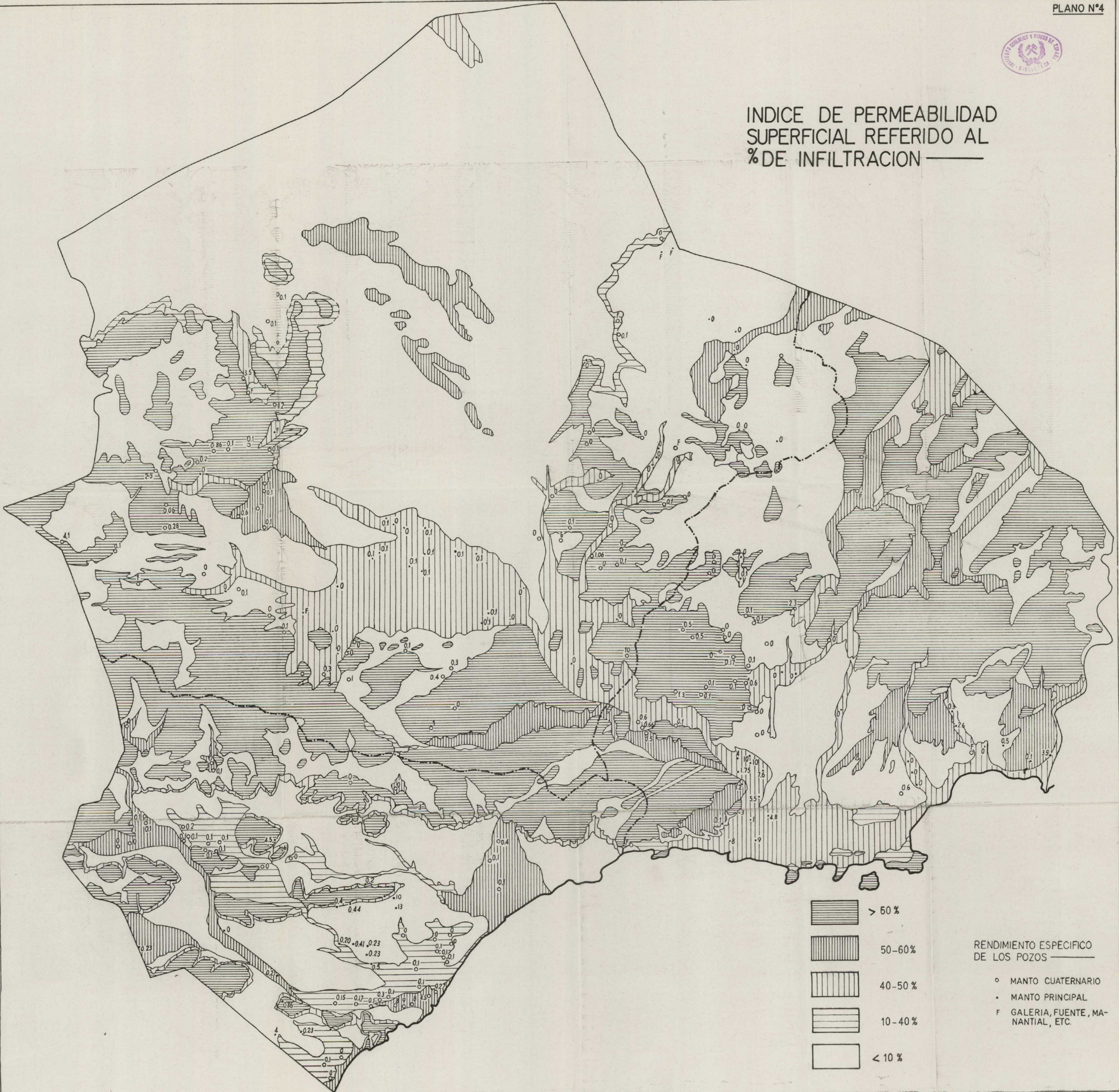
Las mayores permeabilidades corresponden a las calizas, dolomías y dacitas que son rocas capaces de absorber hasta el 70 por 100 del agua precipitada. En segundo lugar aparece el Cuaternario elástico y las diabasas con un porcentaje de infiltración del 50-60 por 100. Después siguen las tierras de labor cuaternarias y algunos álveos de rambla, con el 40-60 por 100. Vienen luego las areniscas, casi arkósicas de la base del Plioceno, constituidas en muchos lugares a expensas de la meteorización de las dacitas, y las molasas que las cubren. Finalmente, como capas prácticamente impermeables figuran las margas y arcillas pliocenas y todo el complejo pizarroso de filita esquistos y micacitas con absorción máxima del 10 por 100.

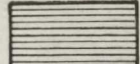


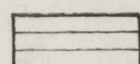
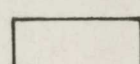
Hemos tomado cinco muestras características de los suelos de los llanos de la cuenca número 2 para su análisis granulométrico y determinación de su permeabilidad vertical. Los resultados aparecen en la figura 5. Las margas pliocenas son las que tienen menor permeabilidad, 0,001, y como productos de agua son totalmente inútiles. El terreno cuaternario de tierras de labor tiene una permeabilidad de 0,9, mucho mayor, y puede utilizarse como formación acuífera, pero sólo para necesidades muy limitadas. La mayor permeabilidad corresponde a los suelos formados a expensas de dacitas decompuestas, con 5, lo que la califica como un suelo apto para proporcionar caudales abundantes. Los dos suelos restantes, los números 512 y 524, son una mezcla de los anteriores y presentan permeabilidades intermedias. El suelo compuesto de dacitas y margas pliocenas puede también, si no predominan mucho estas últimas, servir de acuífero para usos limitados (doméstico).

Hemos dicho más arriba que las formaciones más permeables correspondían a las calizas, dolomías y dacitas. Los dos primeros tipos de roca manti-



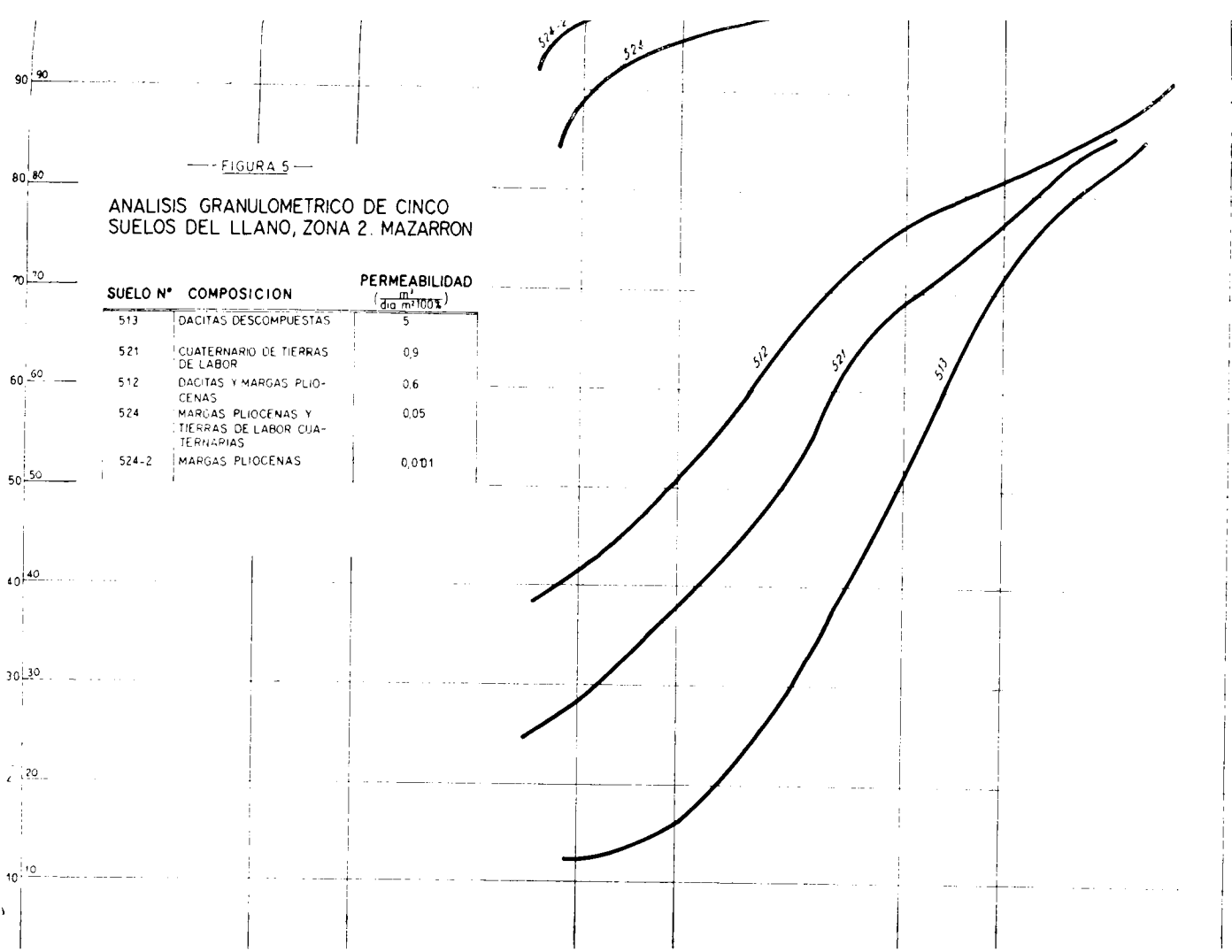
INDICE DE PERMEABILIDAD SUPERFICIAL REFERIDO AL % DE INFILTRACION



-  > 50 %
-  50-60 %
-  40-50 %
-  10-40 %
-  < 10 %

RENDIMIENTO ESPECIFICO DE LOS POZOS

- MANTO CUATERNARIO
- MANTO PRINCIPAL
- F GALERIA, FUENTE, MANANTIAL, ETC.



— FIGURA 5 —

ANALISIS GRANULOMETRICO DE CINCO SUELOS DEL LLANO, ZONA 2. MAZARRON

SUELO N°	COMPOSICION	PERMEABILIDAD ($\frac{m^2}{dia \cdot m^2 100\%$)
513	DACITAS DESCOMPUESTAS	5
521	CUATERNARIO DE TIERRAS DE LABOR	0,9
512	DACITAS Y MARGAS PLIOCENAS	0,6
524	MARGAS PLIOCENAS Y TIERRAS DE LABOR CUATERNARIAS	0,05
524-2	MARGAS PLIOCENAS	0,001

nen su permeabilidad invariable en profundidad, mientras que la permeabilidad de la dacita es sólo relativamente superficial. Para conocer mejor sus características hidráulicas en profundidad hemos realizado un ensayo de recuperación en el pozo (sondeo) número 81, en el cual, bajo una cobertura de 50 metros de margas pliocenas se ha tocado la formación de dacitas. Este ensayo se representa en la figura 6. Los resultados de este ensayo se han trasladado a la figura 7 para el cálculo de la transmisibilidad del acuífero. En promedio hemos obtenido una transmisibilidad de $1.2 \left(\frac{\text{min. } \sum \text{m.}}{\text{m}^3} \right)$ lo que representa una transmisibilidad de $1.728 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{día} \cdot \text{m}} \right)$ que corresponde, para la

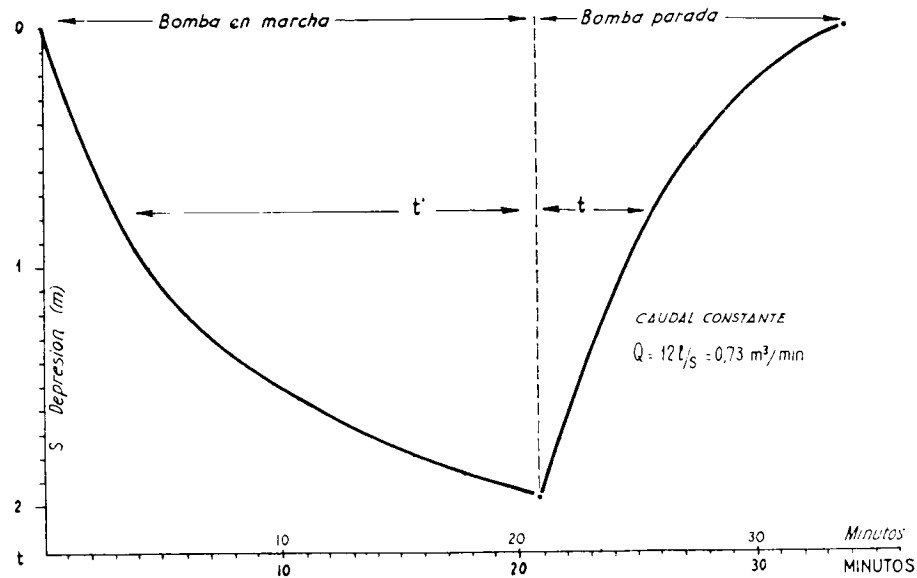


Fig. 6.

profundidad de dacitas atravesadas en el sondeo, a una permeabilidad de 15, cifra realmente buena.

Ahora bien, esta permeabilidad es el triple de la encontrada para los suelos formados por las dacitas meteorizadas, por lo que es forzoso suponer que proviene de la existencia de una red de diaclasas de contracción de la formación de dacitas.

La transmisibilidad de la columna de sondeo indica menor permeabilidad al principio, producida por un relleno de las diaclasas por las arcillas pliocenas, bien por la formación de areniscas pliocenas de base. La transmisibilidad alcanza luego un valor máximo cuando las diaclasas son aún amplias, cerca del techo de la formación y luego va disminuyendo en profundidad, al ir desapareciendo grietas y diaclasas.



NIVEL HIDRAULICO SUBTERRANEO ≡ NIV. PIEZOMETRICO MANTO CUATERNARIO



La formación de dacitas, en el núcleo presenta permeabilidades prácticamente despreciables, y algunos intentos de pozos realizados en lugares donde las dacitas no estaban diadasadas acabaron sin éxito.

En el plano 4 se indican también los rendimientos específicos de los pozos

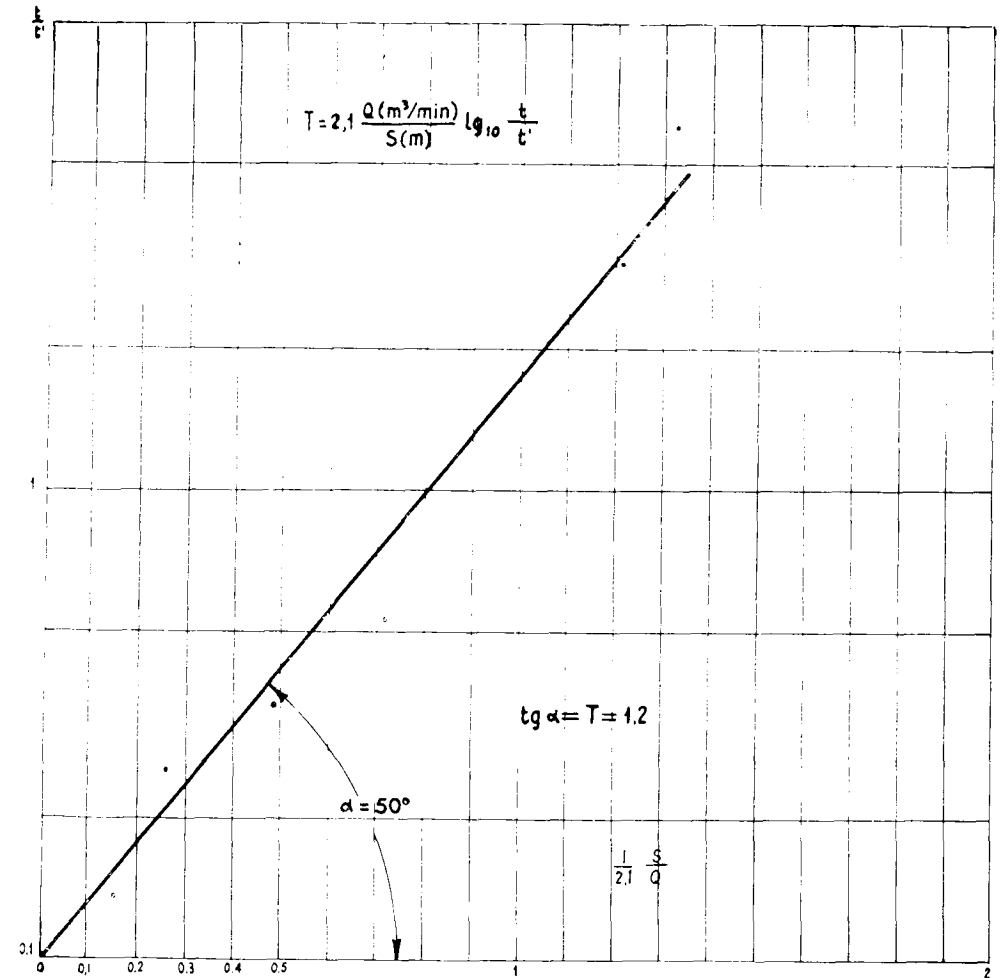


Fig. 7.

y sondeos de la zona. Cuando el rendimiento es cero quiere dar a entender que se trata de un rendimiento insignificante (0.0016 por ejemplo).

En esta no hay recarga apreciable del manto principal por la escorrentía en ramblas. Esta sirve tan sólo para la recarga del manto cuaternario superficial.

La base del Plioceno no representa en la cuenca segunda igual importancia que en la primera. Cuando no reposa sobre la formación de dacitas,

los caudales que produce son insignificantes. Las formaciones acuíferas más interesantes de la cuenca son las dolomías, calizas y dacitas.

De menor permeabilidad que las dacitas son las diabasas. Sin embargo, todavía serían aprovechables si no fuera por su situación actual, que impide todo almacenamiento importante. Únicamente pueden tomarse en consideración como factor de recarga, por su capacidad de infiltración.

3) Cuenca núm. 3.

En el plano 4 se indican las permeabilidades superficiales de esta zona, tomando como índice el porcentaje de agua infiltrada.

Las mayores permeabilidades corresponden a las dolomías, calizas y dacitas. En segundo lugar, el cuaternario elástico y las diaclasas. En tercer lugar las tierras de labor cuaternarias y los álveos de rambla; después los conglomerados de base pliocena y la molasa arrecifal de la misma edad. Finalmente, como capas prácticamente impermeables figuran las series pizarrosas metamórficas y las margas pliocenas.

En el plano 4 se indican también los rendimientos específicos de los pozos y sondeos de la cuenca.

Puede verse en ese plano que la cuenca hidráulica subterránea tiene una superficie considerablemente menor que la superficie propia de la cuenca. El área se localiza en los llanos entre las sierras de las Moreras y del Algarrobo, e incluso dentro de esa zona, los únicos caudales apreciables están cerca de Mazarrón y en el área de la Rambla de las Moreras.

c) Niveles hidráulicos subterráneos

1) Cuenca núm. 1.

En esta cuenca del término de Mazarrón se encuentran dos niveles hidráulicos subterráneos diferentes.

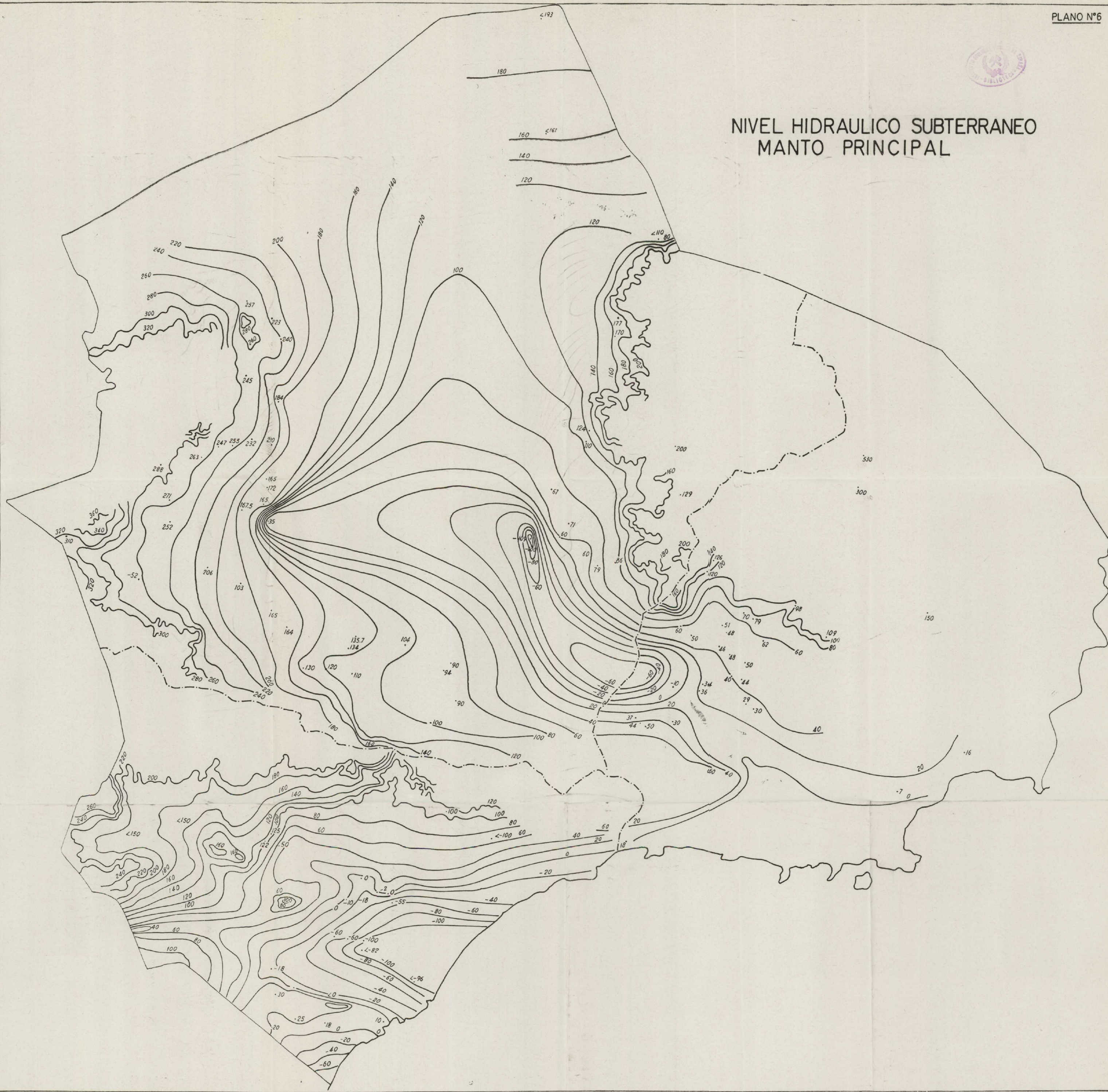
El primero es superficial y limitado a las formaciones cuaternarias de ramblas, pie de manto y diluvial. Su extensión se indica en el plano 5, y como puede verse es bastante localizada. Este nivel acuífero provee a muchos de los pozos de la zona, generalmente de poco rendimiento y escasa profundidad. Los niveles acuíferos son arenas, gravas y conglomerados medio cementados.

Las cuencas de dichos niveles son pequeñas, por lo que no puede esperarse grandes caudales. Tan sólo en la desembocadura de la rambla de Pastrana (puede verse en el plano 5) existe una aportación suficiente para obtener rendimientos apreciables.

El nivel hidráulico subterráneo del manto cuaternario, referido a alturas sobre el nivel del mar está dibujado en el plano 5. Puede verse también en dicha figura algunas cuencas aisladas, pequeñas, adosadas a las sierras.



NIVEL HIDRAULICO SUBTERRANEO MANTO PRINCIPAL



En el plano 4 se señalan con un círculo los pozos de este manto, y la cifra que consta al lado corresponde al rendimiento específico. Sólo los de la desembocadura de la rambla de Pastrana son importantes.

La forma convexa del pie de manto en Caraleño los hace inútil para cualquier captación importante cuaternaria.

Este primer nivel tiene como base impermeable las margas y arcillas del Plioceno.

El segundo nivel, el más importante de la zona tiene como rocas permeables indistintamente las dolomías y calizas triásicas y las areniscas y molasas pliocenas. La base impermeable la constituyen las filitas y micaesquistos (lágena), y el techo impermeable las margas y arcillas del Plioceno, superiores y concordantes con las areniscas y molasas de la base de este piso.

Se trata, por tanto, de un nivel con terrenos impermeables arriba y abajo de él, es decir, de un *nivel en carga*, a diferencia del nivel hidráulico anterior que en conjunto es un nivel libre.

En el plano 6 se representan los cursos de igual profundidad de este *nivel en carga*, referidos a cota sobre el nivel del mar. Los datos de las labores referentes a este nivel constan también en el plano.

La figura muestra en realidad la topografía del nivel impermeable de base. Es evidente que en las «montañas» de dicho nivel no existirá agua, y así ocurre cuando dicho nivel de base impermeable (pizarras y filitas) aflora en la superficie actual del terreno.

En el plano 4 se indican con un punto las labores que aprovechan el agua de este nivel, con sus respectivos rendimientos específicos.

Los mayores rendimientos se concentran en tres zonas: la desembocadura de la rambla de Pastrana, al N. de Percheles, la zona de los Vaqueros y la zona de los Cazadores.

2) Cuenca núm. 2.

En esta cuenca encontramos dos niveles hidráulicos subterráneos diferentes.

El primero es superficial y limitado a las formaciones cuaternarias de ramblas, pie de manto y diluvial. Su extensión se indica en el plano, y como puede verse está bastante localizado. Este nivel acuífero provee a muchos de los pozos de la zona, generalmente de poco rendimiento y escasa profundidad. Los niveles acuíferos son arenas y gravas poco cementadas.

La principal cuenca se ve en el plano 5 y es la que contiene mayor número de pozos y va a desembocar en la cuenca de la rambla de las Moreras. El nivel impermeable de base lo constituyen las margas pliocenas, y en conjunto la mezcla de dichas margas y los suelos arcillo-sabulosos cuaternarios tienen permeabilidades bajas, por lo que los rendimientos de todos estos pozos son insignificantes.

En sus bordes Sur y Oeste, el manto cuaternario reposa sobre el Plioceno de base y sobre las dacitas y se pone en contacto con el manto principal de la cuenca.

Existen, adosadas a las sierras, algunas otras cuencas cuaternarias pequeñas, localizadas y aisladas y que producen también pequeños caudales. El nivel hidráulico subterráneo está representado en el plano 5, mediante cuencas de nivel referidas al nivel del mar. Se observa un gradiente constante desde las sierras hacia la rambla de las Moreras y Mazarrón.

El segundo nivel, el más importante de la zona, tiene como rocas permeables indistintamente las dolomías y calizas triásicas, las areniscas y molasas pliocenas y las dacitas de final del Mioceno. La base impermeable la constituyen las filitas y micaesquistos, y el techo impermeable, cuando lo hay, lo forman las margas del Plioceno, superiores y concordantes con las areniscas y molasas de la base de este piso.

Este manto tiene dos facetas diferentes, separadas por el borde del Plioceno que se acuña hacia las sierras. En todo el centro y Norte del valle, es un *manto en carga*, pero en los bordes de las sierras es un *manto libre*. Precisamente, donde comienza ser *manto en carga* encontramos arriba de él el manto cuaternario antes descrito, y entre ambos el nivel de margas impermeables pliocenas.

La parte de *manto en carga* está todavía sin explotar ni conocer y los pozos o sondeos que se han realizado han dado muchas sorpresas. En el plano 6 de isohipsas del nivel hidráulico subterráneo pueden verse claramente al Este y Oeste del llano dos anomalías que abren una incógnita sobre lo que sucede entre ambos. Por añadidura, los rendimientos de los sondeos realizados en estas anomalías (comparar con plano 4), han sido nulos. Ninguno de los dos sondeos han cortado un acuífero permeable, y el del Este no ha cortado las dacitas.

En el plano 6 se ve un sondeo con número rojo, en el paraje de Huerto Nuevo. Este sondeo después de atravesar las dacitas, que aquí resultaron prácticamente estériles, ha tocado en el fondo un nivel de mármoles y calizas en conexión indudable con las calizas y dolomías de la sierra, que resultó acuífero y artesiano.

Dicho sondeo representa una evidencia de que la intrusión dacítica se ha colocado en sitio, en este paraje, a modo de colada volcánica, mientras que hacia el Este, en la zona de minas de Mazarrón lo ha hecho como un plutón, atravesando y mezclándose con calizas y pizarras.

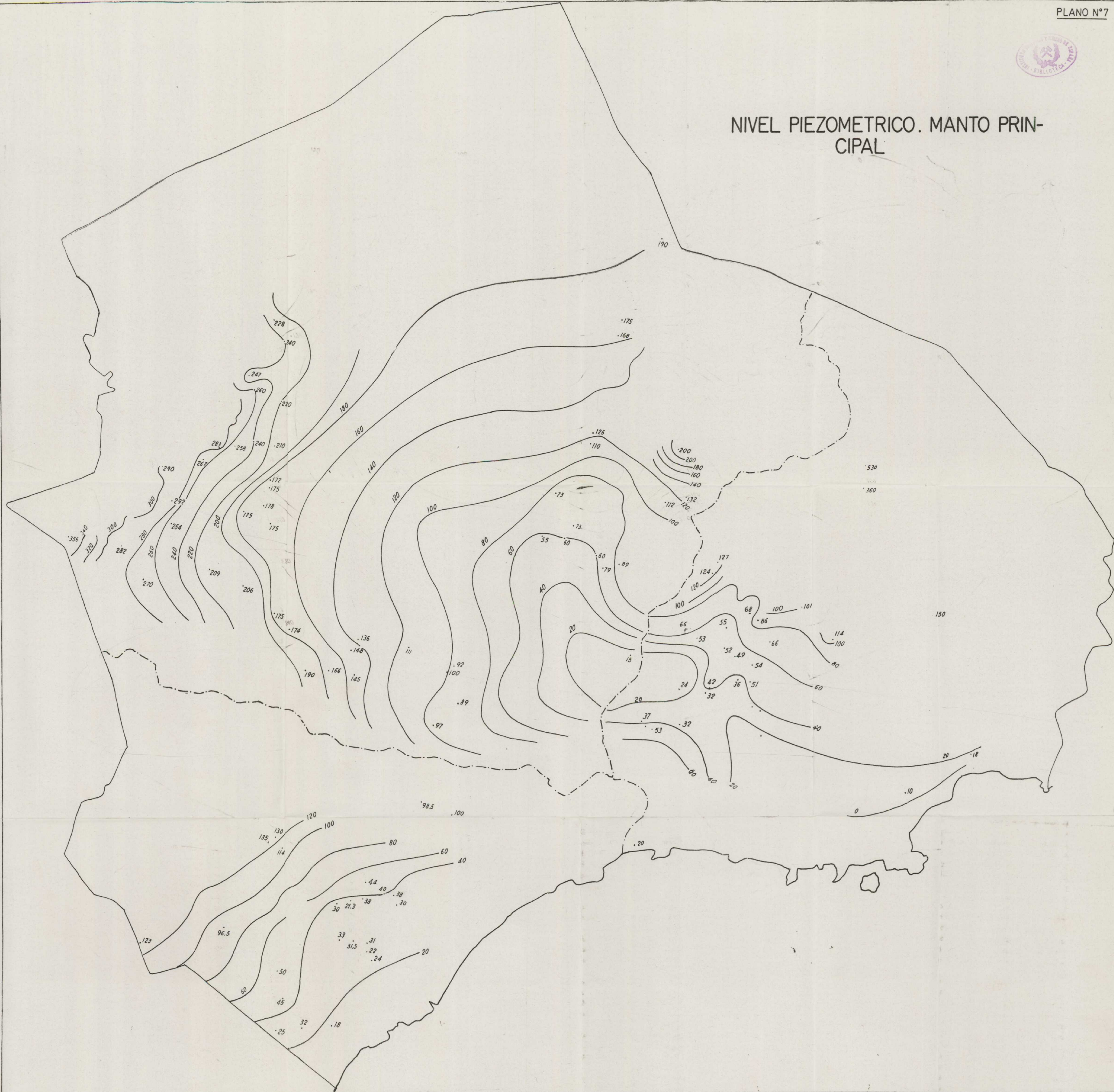
Este punto representa la existencia local de un tercer nivel acuífero, pero su aprovechamiento es por hoy muy problemático.

3) Cuenca núm. 3.

En esta cuenca hemos separado también dos mantos diferentes. En el plano 5 figuran los niveles hidráulicos subterráneos del manto cuaternario.



NIVEL PIEZOMETRICO. MANTO PRINCIPAL



Puede verse su localización exclusiva en la desembocadura de la rambla de las Moreras y en algunas otras ramblas que bajan de la Sierra del Algarrobo. Todos ellos presentan gradientes suaves hacia el mar, y en la desembocadura de la rambla de las Moreras su nivel hidráulico coincide sensiblemente con el nivel del mar.

El nivel hidráulico subterráneo del manto principal se representa en el plano 6. Como se ve, queda localizado casi exclusivamente en el contorno de Mazarrón, supeditado a la existencia del manto de dacitas que forma su nivel permeable. Hacia el Este y Sur desaparece dicho manto y el nivel queda prácticamente reducido a cero. Hay algunos pocos que aprovechan el agua que circula por la base arenosa y arrecifal del Plioceno, en la zona del puerto.

El nivel impermeable en la base del cuaternario está formado por las arcillas pliocenas, igual que ocurría con las otras cuencas.

El nivel impermeable en la base del manto principal está constituido bien por el núcleo de dacitas, o bien por las pizarras y filitas.

En este manto principal se aprovechan también, aparte del agua de las dacitas, el agua que circula por las dolomías. Esto ocurre en algunos pozos situados en los bordes de las sierras, allí donde las dolomías presentan estructura apropiada, tanto al Norte de Mazarrón como junto al borde Sur de la rambla de las Moreras.

El manto cuaternario y el manto principal se presentan en esta cuenca separados y sólo muy localmente superpuestos. (Es la misma rambla de las Moreras, al S. de Mazarrón).

Sus áreas principales son diferentes y comparando los planos 5 y 6 puede verse la ensilladura SO. NE. que las separa. El substrato de esta ensilladura está constituido principalmente por filitas impermeables.

Dentro del manto principal, en la masa de dacitas se encuentran esporádicamente grandes enclaves de calizas y dolomías, así como pizarras. Algunos de los pozos de mina abandonados al E. de Mazarrón cortan sucesivamente dacitas, dolomías y de nuevo dacitas.

d) *Niveles piezométricos*

1) *Cuenca núm. 1.*

Para que el agua suba, dentro del pozo o sondeo, es decir, «tenga presión» es necesario que se trate de un manto en carga, un acuífero entre dos impermeables.

En el acuífero cuaternario superficial, el nivel hidráulico subterráneo coincide sensiblemente con el nivel piezométrico o «de presión», por lo que el nivel donde se corta el agua es aproximadamente el mismo que el estático y el de explotación.

Para el manto profundo la cosa es distinta. En el plano 7 se indican los

niveles piezométricos o estáticos referidos a altura sobre el nivel del mar. Comparando los planos 7 y 6 puede obtenerse en cada caso la altura que sube el agua dentro del pozo o sondeo para distintas zonas.

Esto se ha hecho en el plano 8. Se ven en ella dos zonas de mayor presión, al N. la de los Cazadores y al S. la de la Zañada del Gallego, que se unen hacia el E. Hacia el Oeste deja de existir el nivel profundo y con el el manto en carga, salvo en la pequeña zona al Sur del cabezo del Asno.

Los cursos de igual altura de columna de agua nos reflejan el perfil de la cuenca Pliocena.

2) *Cuenca núm. 2.*

El nivel piezométrico del manto cuaternario coincide con el nivel hidráulico subterráneo representado en el plano 5.

El nivel piezométrico del manto principal se representa en el mapa 7. Comparando ese mapa con el 6 se ve que las anomalías prácticamente han desaparecido y en conjunto se dibuja un gradiente uniforme hacia Mazarrón. Se trata por tanto de un sólo manto, con diversas ramificaciones y comunicaciones.

Pero a diferencia de la cuenca anterior, la «carga» es mínima. En el plano 8 se ha dibujado la diferencia entre niveles subterráneos y piezométricos, es decir, lo que sube el agua en cada pozo. En los bordes del llano la diferencia es mínima, salvo en Huerto Nuevo y las anomalías antes indicadas. En la zona permeable conocida el manto principal es un manto libre. Pajo el Plioceno del centro del llano será un manto en carga, pero no conocemos si la roca permeable principal por lo extensa, la dacita, existe también entre las dos anomalías.

Hacia Mazarrón se dibuja igualmente otra depresión, dentro de las dacitas. El techo en este caso lo forman las dacitas más descompuestas y con las grietas rellenas de arcillas pliocenas y cuaternarias, que producen una menor permeabilidad de la formación.

3) *Cuenca núm. 3.*

El nivel piezométrico del manto cuaternario coincide con el nivel hidráulico subterráneo representado en el plano 5. El manto cuaternario es sustancialmente un manto libre, como en el resto del término municipal.

En el plano 7 se representa el nivel piezométrico del manto principal. Puede verse el umbral de que hablábamos al comparar las áreas de nivel hidráulico subterráneo cuaternario y principal.

El nivel piezométrico coincide aquí también en su mayoría con el nivel hidráulico subterráneo. En el plano 8 se ha dibujado la columna de presión en el manto principal, como diferencia entre el nivel piezométrico y el hidráulico subterráneo. La diferencia es muy pequeña, y nos indica que se trata también de un manto libre.

La existencia de un manto en carga, bajo el actual Plioceno no está comprobada, a falta de labores profundas en la zona, pero por las características de la cuenca (poca área de recarga en el Plioceno y baja permeabilidad de éste) se deducen pocas esperanzas de obtener de él caudales abundantes.

Vemos que hacia Mazarrón existe una depresión, que ya habíamos encontrado en la cuenca núm. 2 y con las mismas características de antes.

Los pozos de la zona del Puerto son típicamente pliocenos y utilizan como nivel permeable la base de este terreno, principalmente sus series de molasas y calizas arrecifales.

La cercanía de estos pozos al borde de la cubeta pliocena, impide extrapolar sus resultados hacia el interior.

e) *Análisis de agua e índice de salinidad, temperaturas*

1) *Cuenca núm. 1.*

En la zona de contacto entre filitas y dolomías, existen en la zona ocasionalmente lentejones de yeso, que impurifican las aguas cargándolas de sales. Por otra parte, en los niveles pliocenos de margas hay también hiladas y cristales de yeso, que producen el mismo efecto perjudicial.

Cuando las aguas circulan por las dolomías y calizas, o cuando lo hacen sobre las filitas y pizarras, conservan una calidad aceptable, pero en cuanto rozan estos niveles yesíferos se impurifican.

Como índice de salinidad perjudicial para el cultivo, hemos tomado el tanto por ciento de Cl, referido a NaCl.

En el plano 9 se representan las curvas de igual índice de salinidad en el manto cuaternario. Vemos que en la zona de Caraleño, las aguas altas que descienden hacia el mar, se van cargando de cloruro sódico en su recorrido, como consecuencia de las sales que existen en las margas pliocenas de su base.

La concentración de sales en la zona entre las casas de los Secos y de los Carneros, se debe a la existencia de yesos entre las dolomías y pizarras.

En cambio, la concentración en la desembocadura de la rambla de Pastana no tiene más motivo que la proximidad del mar, junto con la mayor permeabilidad de esta zona, lo que permite la impurificación de estas aguas por las marinas.

Las aguas del manto profundo son menos variables, y en general de mejor calidad. Estas aguas han circulado por las dolomías y por las molasas de la base del Plioceno. Cuanto más tiempo circulan por esta última formación, peor calidad tienen. En el plano 10 se representan las curvas de igual índice de salinidad del manto profundo. A grandes rasgos puede verse, desde el borde montañoso hasta el interior de la cubeta pliocena un mayor índice de salinidad, producido por los yesos del techo plioceno de margas.

En el plano 11 se representan en dos diagramas los porcentajes relativos de aniones Cl^- , CO_3H^- y SO_4^{2-} y cationes Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} en el manto profundo. En la figura se han separado tres zonas, según la mejor o peor calidad de las aguas. La mejor está indicada con un círculo negro, la mediana con círculo medio negro y la peor con círculo en blanco. Las áreas quedan definidas mejor con los cationes (Ca, Mg, Na), y representan en conjunto un índice del menor o mayor tiempo de circulación en capas pliocenas. En cuanto a temperaturas, se observa gran diferencia entre el manto superficial cuaternario y el manto profundo. Las temperaturas medias del manto superficial oscilan entre los 18 y 22 grados, en la fecha de nuestro estudio, mientras que los del manto profundo oscilan entre los 23 y 26 grados.

2) *Cuenca número 2.*

En la zona segunda, los factores nocivos para la calidad del agua son también los yesos de las filitas y pizarras y los Pliocenos, pero además, se tiene el factor adverso de la intensa mineralización local de dacitas y dolomías.

En el plano 9 se representan las curvas de igual índice de salinidad en el manto cuaternario. Se observa en general que las aguas empeoran de calidad hacia el centro del llano (yesos pliocenos) y hacia Mazarrón (mineralización de dacitas). Las aguas «altas» cuaternarias tienen, en cambio, calidades aceptables, como se ve en dicho plano.

En el plano 10 se representan las curvas de igual índice de salinidad en el manto principal. Las variaciones son aquí mucho más importantes y graduadas. Todos los bordes de las sierras dan agua de mejor calidad, que va empeorando al viajar hacia y dentro del Plioceno.

En el SE, encontramos tres grandes anomalías. Las dos del S, se producen por la mineralización de las dacitas, mientras que la del N, se debe a la inexistencia de dacitas y a la presencia de yesos en filitas y pizarras de substrato.

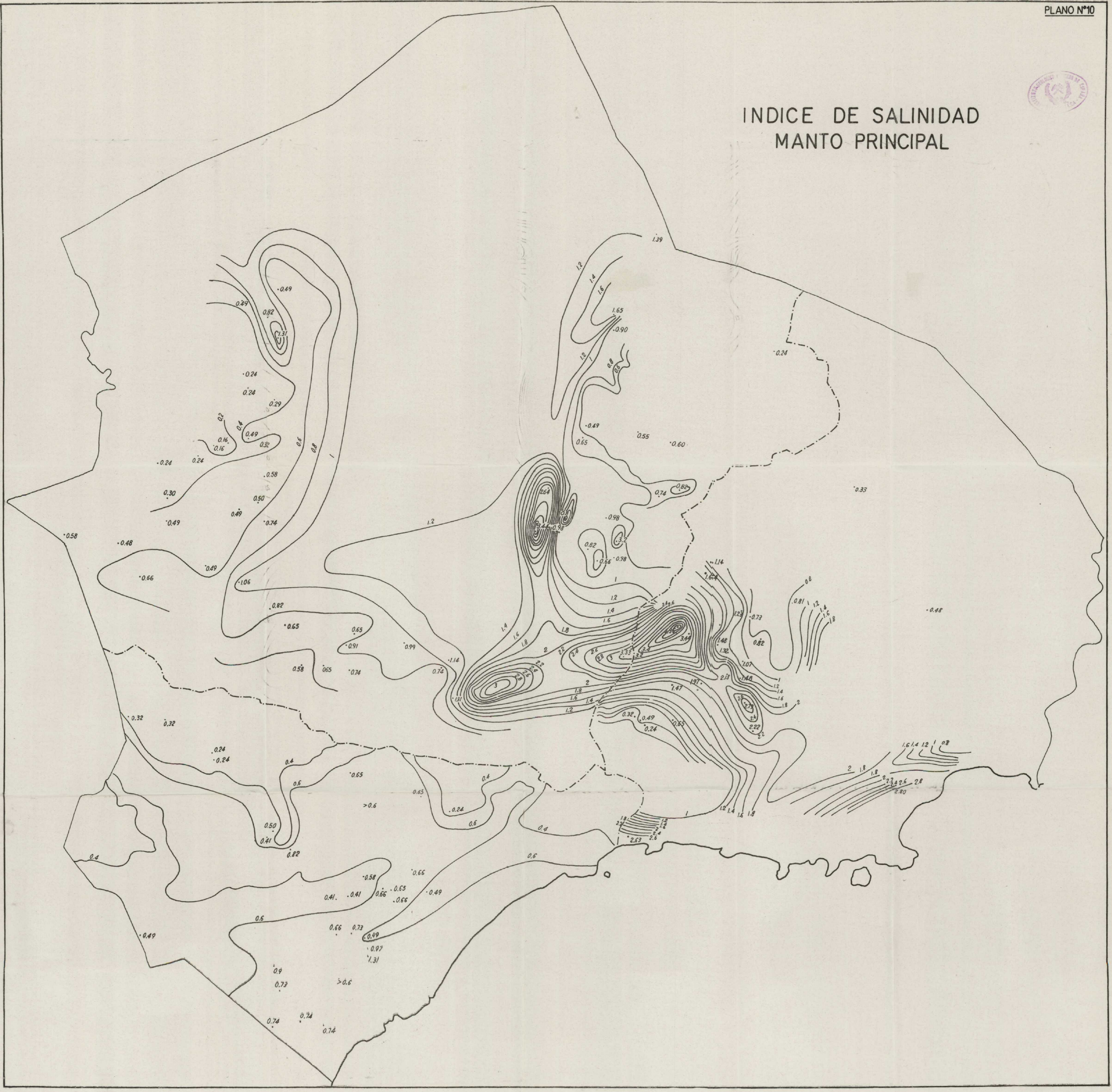
En el plano 12 se representan en dos diagramas triangulares los porcentajes relativos de aniones y cationes en las labores que utilizan como acuífero el nivel de las dacitas.

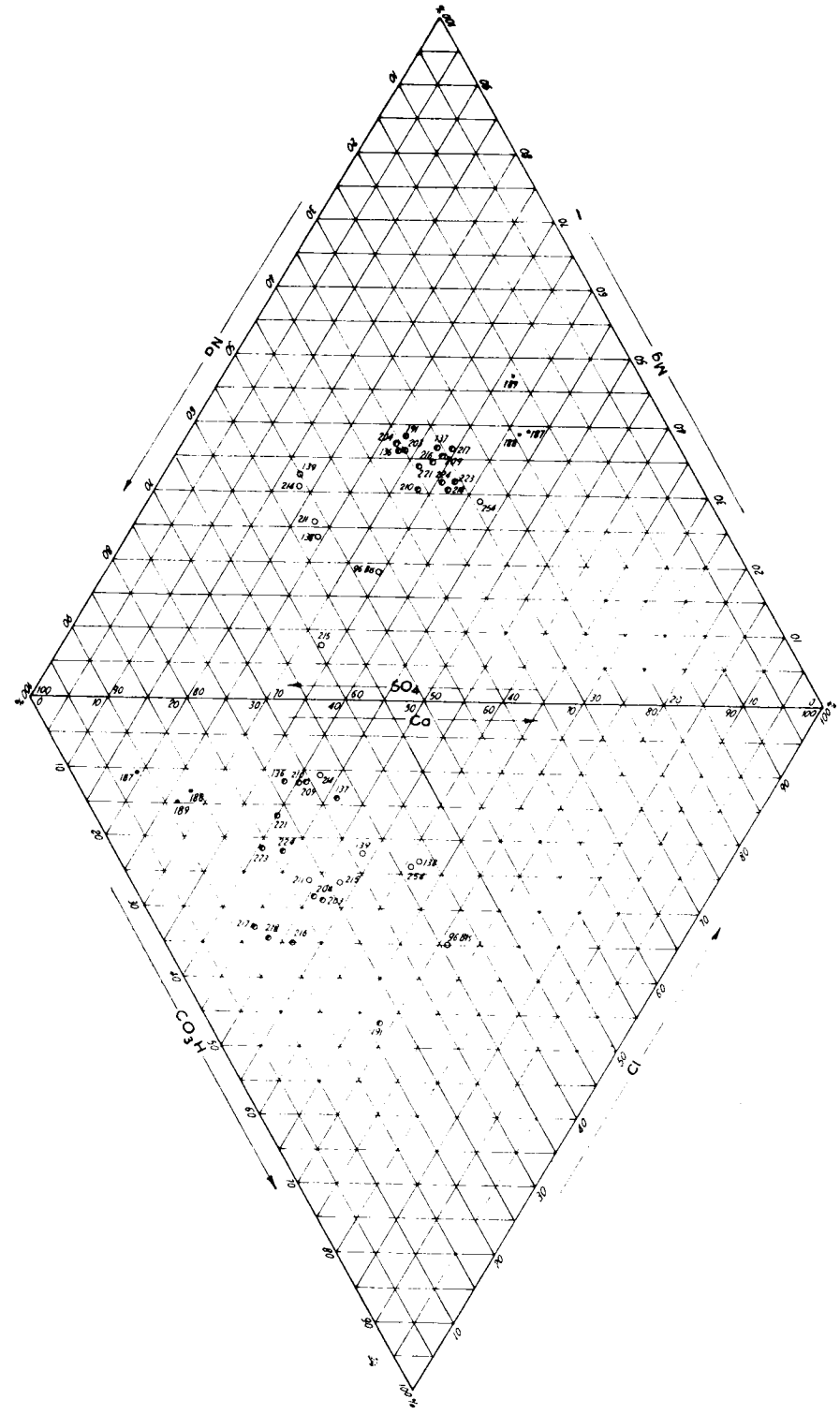
Salvo el punto anómalo del 255, desagüe de las minas de Minofer, en el cabezo de San Cristóbal, y el 18, con alto carbonato sódico residual, puede verse la variación relativamente pequeña en cationes en los diferentes puntos del manto. Respecto a aniones (ácidos), la gama de variación es mucho más amplia, correspondiendo la variación principal al porcentaje de CO_3H^- y al de SO_4^{2-} , mientras que el tanto por ciento relativo de Cl se mantiene aún cuando varíe el índice de salinidad.

Las aguas con índice de salinidad bajo corresponden al tanto por ciento de CO_3H^- alto y de SO_4^{2-} bajo, es decir, son aguas que vienen en gran parte de la atmósfera directamente o de calizas y dolomías.



INDICE DE SALINIDAD MANTO PRINCIPAL





Al circular por las dacitas hacia el centro de la cuenca, van incrementando su porcentaje de sulfatos a expensas de los carbonatos, a la vez que se cargan con un mayor contenido total de sales.

Interesa, pues, doblemente la captación de aguas junto a los bordes de las sierras, en primer lugar, por su índice de salinidad menor, y en segundo, porque dentro de este índice de salinidad, tenemos muchos menos sulfatos.

De los dos bordes de sierra, es mejor el de la Sierra de las Moreras y pico del Aguila, lo más alejados posibles de las zonas mineralizadas (compárense los puntos 162, 163, 164 con los 36, 40, 48, 49 y con los 24 y 79, 80, 84, 87, y 73, etc), y los primeros kilómetros de la carretera de Mula

3) Cuenca núm. 3.

En el plano 9 se representa el índice del manto cuaternario. En conjunto se aprecia un incremento de salinidad al aproximarse al mar, tanto por la proximidad de este, como por el mayor recorrido sobre las capas pliocenas. Hay dos puntos en que la salinidad de este manto decrece, indudablemente por la aportación al manto de aguas mejores.

Uno de ellos corresponde al extremo oriental de la Sierra de las Moreras, junto al recodo de la rambla del mismo nombre, y el otro a un entrante del Plioceno, entre la rambla y las salinas.

El más importante de los dos es el del extremo de la sierra, aunque sus aguas son todavía de baja calidad.

Los pozos de las cercanías del mar están muy influenciados por la salinidad del Mediterráneo (índice de salinidad 34,4).

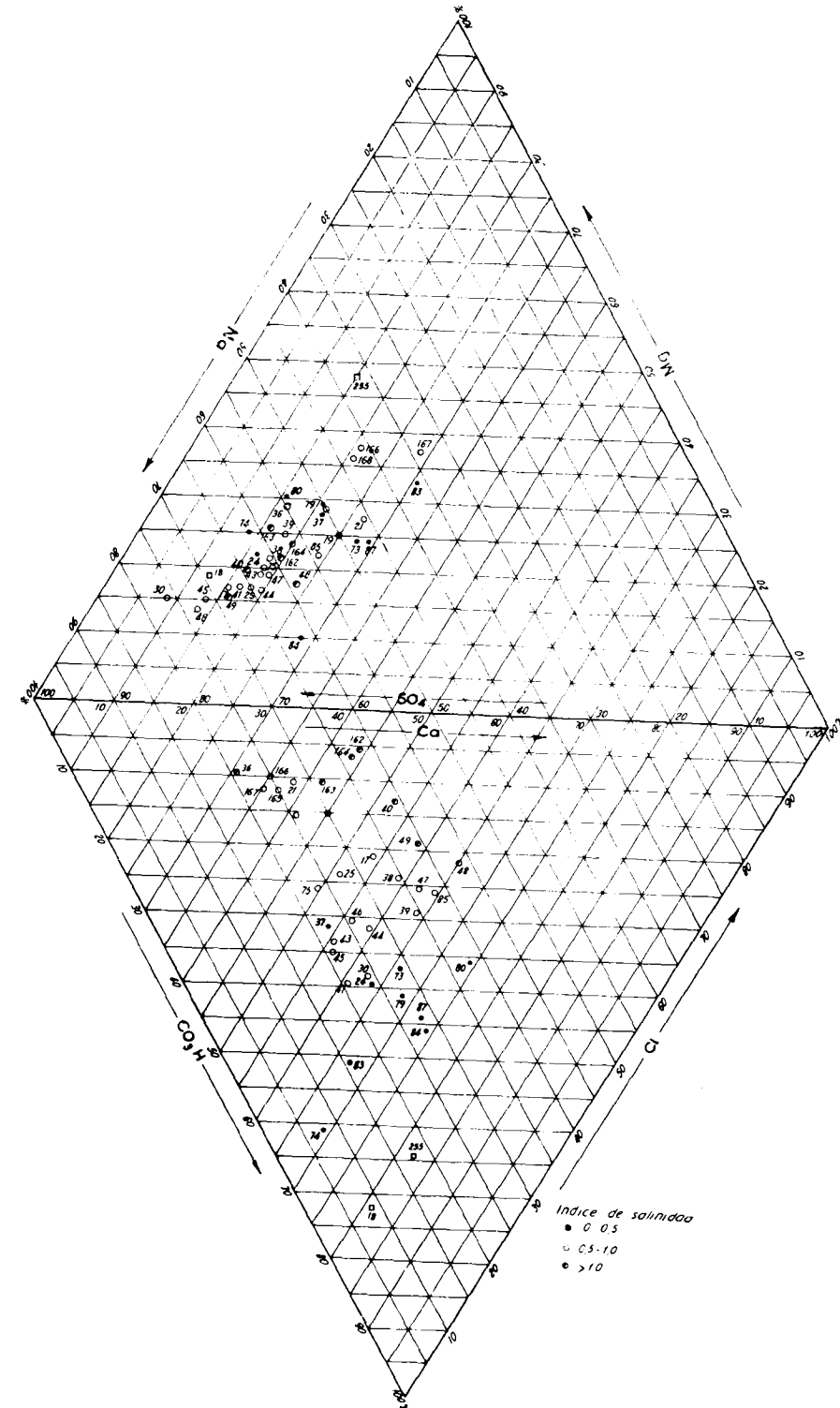
Los pozos cuaternarios en las ramblas y bordes de la Sierra del Algarrobo, presentan índices muy variables que dependen de la proximidad de lentejones de yeso en las filitas y pizarras.

En el plano 10 se representa el índice de salinidad del manto principal. Se observa las grandes acumulaciones de sales en las zonas mineralizadas en los alrededores de Mazarrón, mientras que el índice rápidamente hacia las sierras del Norte y Sur.

En la zona del puerto se ve un área de menor salinidad, que va creciendo al acercarse al mar. En toda la zona costera, la separación entre manto cuaternario y principal, deja de tener sentido, pues ambos acuíferos se reúnen en uno sólo.

En la zona de Cueva Lobos existe un manantial que desagua parte de las dolomías del extremo de la Sierra de las Moreras. Estas dolomías, ya hemos dicho que están mineralizadas en muchos sitios, y tal mineralización produce aquí el elevado índice de salinidad (junto con desprendimientos sulfurosos) de dicho manantial.

En el plano 13 se han representado los porcentajes relativos de aniones



y cationes de una serie de labores del manto principal, casi todos utilizando como acuífero las dacitas.

Puede verse la excelente posición de los pozos del borde Sur, que apenas han tocado las dacitas, y carecen de NaCl en comparación con los restantes. Se puede aplicar aquí lo dicho para los aniones (Cl , SO_4 , CO_3H) en los pozos de borde, los 54 y 58 del borde Norte y el 105 del borde Sur.

Los pozos interiores de la cuenca de dacitas presentan aguas francamente malas, por índice elevado y repartición nociva del tanto por ciento relativo de sulfatos, lo cual se debe a que toda esa cuenca de dacitas está ampliamente mineralizada, a diferencia de la cuenca anterior, en la que había zonas en dacitas con escasa o nula mineralización.

f) Balance hidráulico

Las aguas subterráneas tienen un área de recarga, un área de circulación y un área de descarga. Dentro de cada cuenca, se tiene por consiguiente:

$$R = D$$

\bar{R} = recarga, D = descarga. La cantidad de agua en circulación, C depende de las características de la cuenca. Es, pues, necesario compensar en cada zona la recarga y descarga. Aquella proviene de la lluvia o de otras cuencas o ríos o riegos, y ésta puede hacerse con labores de captación, manantiales, ríos o desagüe en otras cuencas o al mar, o por evaporación.

El balance hidráulico de una cuenca se establece por la ecuación:

$$L = I + S + E$$

L = lluvia, nieve, nieblas, etc.; I = infiltración; S = escorrentía superficial; E = evaporación.

1) Cuenca núm. 1.

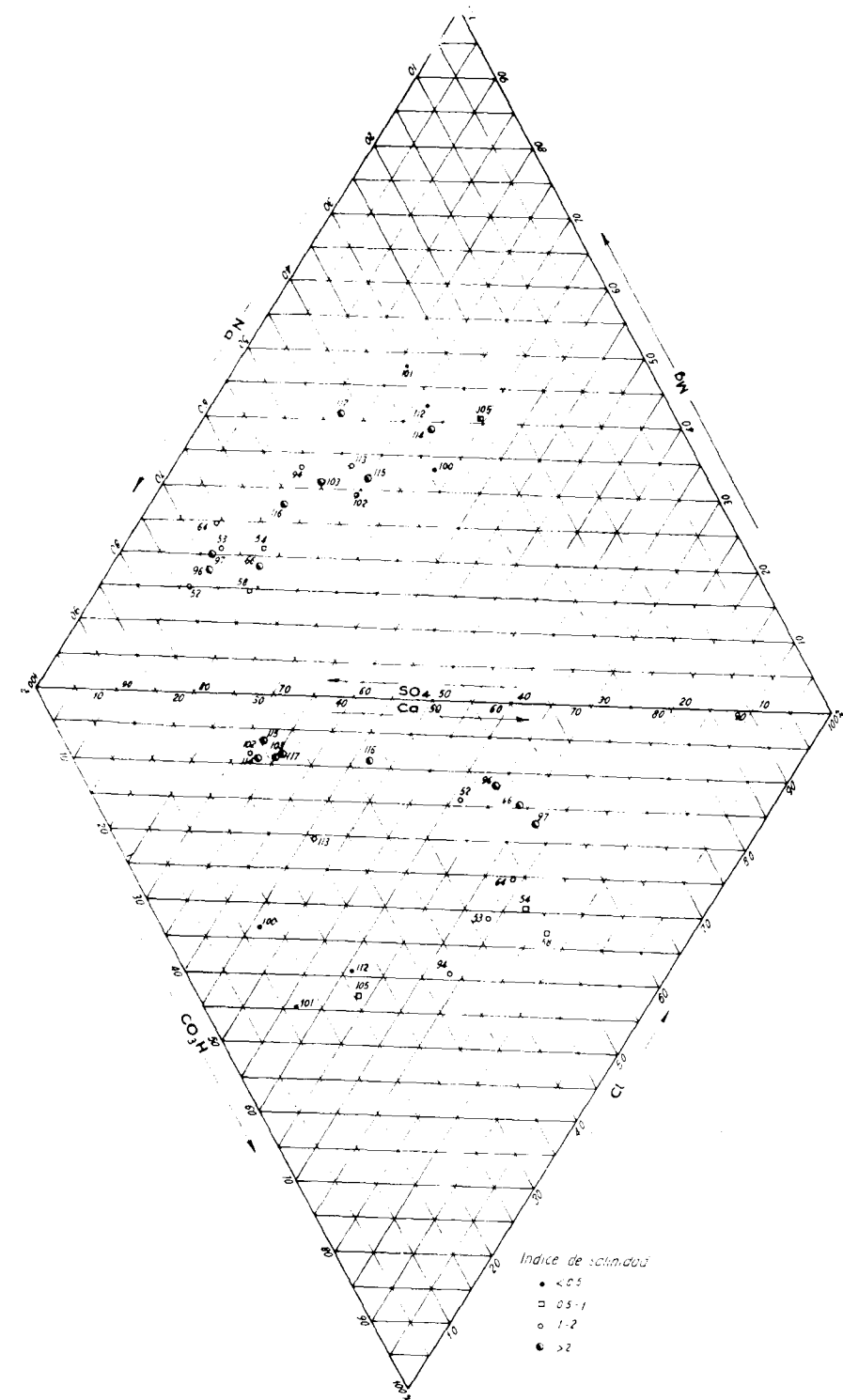
En dicha cuenca tenemos: $L = 521$ l/s.; $I = 146$ l/s., luego:

$$S + E = 375 \text{ l/s.}$$

dada la intermitencia de las lluvias y la impermeabilidad de los terrenos de regadío y su poca extensión, podemos considerar que la mayor parte de estos litros corresponden a la escorrentía superficial S , que vierte al mar.

La cantidad $I = 146$ l/s., corresponde a la recarga R . Considerando que en esta cuenca se pierda toda el agua de regadío, es decir, que no constituya una nueva fuente de recarga, tenemos para la descarga al mar.

$$D_m = 146 - 70 = 76 \text{ l/s.}$$



Teóricamente, pues, la cuenca permite nuevos aprovechamientos. Sin embargo, es preciso ser más cautos, pues el promedio 70 l/s. para riegos no está repartido uniformemente en todo el año. Incrementando 1/3 del agua necesaria para riegos, por simultaneidad de utilización, tenemos todavía casi 50 l/s. que descargan actualmente en el mar.

Como resultado de este balance, vemos por consiguiente que existen posibilidades de alumbrar nuevas aguas en la zona. Lo que ocurre es que como la cuenca no es uniforme, hay áreas con acumulación excesiva de labores, cuya capacidad de extracción sobrepasa las posibilidades de transmisibilidad del acuífero.

En el plano 14 se señalan estas zonas, por así decir, de protección de las labores existentes, en aquellas áreas más abusivamente explotadas. Dentro de tales zonas no es recomendable la iniciación de nuevas labores, ni de la profundización de las existentes.

No existe peligro de desaparición del acuífero, pero sí de que en ciertas épocas del año, su nivel baje hasta el punto de hacer su explotación antieconómica.

2) Cuenca núm. 2.

En dicha cuenca tenemos: $L = 1.314$ l/s.; $I = 383$ l/s., luego:

$$S + E = 931 \text{ l/s.}$$

Hemos indicado anteriormente que en esta zona, el manto principal era en gran parte un manto libre, lo cual quiere decir que la parte correspondiente a E (evapotranspiración), es aquí muy importante, hasta constituir el mayor de los dos sumandos. La escorrentía superficial S, vierte principalmente en la rambla de las Moreras.

La cantidad $I = 382$ l/s. corresponde a la recarga R. Consideramos también que esta cuenca pierda el total de agua de regadío. Tenemos para la descarga:

$$D = 383 - 100 = 283 \text{ l/s.}$$

La descarga se realiza hacia la cuenca núm. 3, y también por evapotranspiración a lo largo de las temporadas secas.

En conjunto vemos que la cuenca permite todavía amplios aprovechamientos. Por añadidura, la transmisibilidad de los acuíferos principales, aquí sobre las dacitas, es mucho mayor que la de las molasas de la base del Plioceno de la cuenca núm. 1, y por tanto no existen por ahora problemas de interferencia o de pérdida de nivel.

3) Cuenca núm. 3.

En esta cuenca tenemos: $L = 742$ l/s.; $I = 303$ l/s., luego:

$$S + E = 439 \text{ l/s.}$$

Dado el gradiente del terreno, el sumando principal corresponde a S, desaguando en el mar.

A la cantidad $I = 303$, hay que añadir la recarga que proviene de la descarga de la cuenca núm. 2, es decir, 283 l/s. Luego la recarga

$$R = 303 + 283 = 586 \text{ l/s.}$$

Al rebasar la cuenca de dacitas de Mazarrón, esta recarga descarga hacia el mar, formando parte del manto cuaternario, lo que explica el elevado rendimiento específico de los pozos cuaternarios del tramo final de la rambla de las Moreras.

Por desgracia, estas aguas han pasado ya por zonas mineralizadas, y sus índices de salinidad son muy elevados.

La utilización actual de riego, del orden de los 10 l/s. es muy inferior al caudal posible, pero la calidad del agua limita mucho su explotación.

De todas formas, esa zona admite una extracción mucho mayor que la actual, aunque habrá de hacerse a base de multiplicar los pozos, pues la baja transmisibilidad del manto cuaternario no permite con un pozo ordinario agotar la zona.

V. APÉNDICE

Relación de análisis de los puntos acuíferos del término de Mazarrón:

Muestra num.	1		2		3		4	
	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l
Residuo seco a 105° C	129,8	3,735	137,7	4,255	42,1	1,167	33,9	0,872
Cloro (Cl)	19,0	0,355	15,6	0,553	11,2	0,400	8,4	0,297
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonico (CO ₃ H)	4,0	0,244	4,5	0,274	7,5	0,457	6,2	0,378
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	46,3	2,226	48,9	2,350	2,6	0,126	2,4	0,115
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	46,1	0,690	47,8	0,718	9,3	0,143	7,7	0,118
Sodio (Na ⁺)	13,7	0,315	19,9	0,458	11,2	0,258	9,1	0,209
Calcio	17,1	0,342	1,0	0,039	0,3	0,012	0,1	0,004
Potasio	9,7	0,027	18,1	0,362	3,9	0,078	3,2	0,064
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	5.316	µm/cm	6.210	µm/cm	1.720	µm/cm	1.355	µm/cm
Índice de Scott	5,3		3,5		5,1		6,7	
SAR	2,8		4,1		5,2		4,6	
Clasificación	C4 S2		C4 S2		C3-S2		C3 S1	

Muestra núm.	5		6		7		8	
	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l
Residuo seco a 105° C	37,8	1,025	55,8	1,670	47,6	1,421	36,2	1,016
Cloro (Cl)	8,4	0,300	10,4	0,369	4,2	0,150	5,8	0,207
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonato (CO ₃ H)	7,7	0,470	3,8	0,232	4,8	0,203	7,9	0,482
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	2,5	0,119	13,6	0,653	14,6	10,700	4,2	0,203
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	9,2	0,139	15,1	0,228	16,0	0,234	6,5	0,092
Sodio (Na ⁺)	9,9	0,228	12,4	0,285	7,5	0,172	11,7	0,269
Calcio	0,1	0,004	0,5	0,019	0,5	0,019	0,1	0,004
Potasio	3,6	0,071	5,8	0,116	5,3	0,106	1,7	0,034
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	1,670	µs/cm	2,810	µs/cm	1,405	µs/cm	1,568	µs/cm
Índice de Scott	6,5		5,3		11,7		8,2	
SAR	5,6		4,5		2,6		6,5	
Clasificación	C3-S1		C4-S2		C3-S1		C3-S2	

Muestra núm.	9		10		11		12	
	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l
Residuo seco a 105° C	32,3	0,002	37,2	1,043	46,7	1,327	66,2	1,865
Cloro (Cl)	4,2	0,150	5,7	0,202	8,4	0,300	19,6	0,696
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonato (CO ₃ H)	7,2	0,439	8,6	0,525	10,0	0,610	8,4	0,512
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	4,6	0,223	4,0	0,104	5,2	0,250	5,0	0,240
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	8,3	0,123	5,8	0,080	7,0	0,097	12,2	0,188
Sodio (Na ⁺)	8,0	0,184	12,9	0,297	15,8	0,363	20,9	0,481
Calcio	0,7	0,003	0,2	0,008	0,3	0,012	5,2	0,104
Potasio	2,9	0,058	1,9	0,026	1,6	0,032	0,1	0,004
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	1,330	µs/cm	1,568	µs/cm	1,950	µs/cm	2,758	µs/cm
Índice de Scott	11,5		8,0		5,8		2,0	
SAR	3,9		7,6		8,4		8,5	
Clasificación	C3-S1		C3-S2		C3-S2		C4-S3	

Muestra núm.	13		14		15		16	
	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l
Residuo seco a 105° C	146,9	4,571	36,4	1,431	103,4	3,153	119,5	3,562
Cloro (Cl)	12,7	0,450	9,5	0,337	14,1	0,507	26,7	0,947
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0	0	0,2	0,006	0	0	0	0
Bicarbonato (CO ₃ H)	5,3	0,323	3,3	0,201	3,0	0,183	6,4	0,390
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	55,2	2,647	4,7	0,226	34,2	1,644	26,2	1,260
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	46,5	0,677	8,5	0,124	34,7	0,508	27,8	0,406
Sodio (Na ⁺)	26,5	0,609	10,0	0,230	16,8	0,386	31,8	0,731
Calcio	14,9	0,298	2,8	0,056	11,4	0,228	9,1	0,182
Potasio	0,7	0,027	0,2	0,008	0,6	0,023	0,6	0,023
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	9,009	µs/cm	1,610	µs/cm	5,550	µs/cm	5,550	µs/cm
Índice de Scott	3,7		6,0		2,1		2,1	
SAR	5,5		4,8		8,5		8,5	
Clasificación	C4-S2		C3-S1		C4-S3		C4-S3	

Muestra núm.	17		18		19		20	
	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l
Residuo seco a 105° C	81,6	2,446	21,5	0,591	86,6	2,622	94,9	2,827
Cloro (Cl)	16,9	0,600	1,4	0,050	14,6	0,499	22,6	0,802
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonato (CO ₃ H)	6,3	0,384	7,1	0,433	5,0	0,305	5,8	0,353
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	17,5	0,843	2,4	0,115	24,5	1,176	18,9	0,907
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	16,9	0,252	4,3	0,062	25,7	0,386	18,6	0,268
Sodio (Na ⁺)	23,5	0,540	6,1	0,140	16,8	0,386	28,6	0,658
Calcio	6,1	0,122	1,3	0,026	9,7	0,194	5,6	0,112
Potasio	0,5	0,019	0,2	0,008	0,6	0,023	0,4	0,016
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	3,565	µs/cm	950	µs/cm	3,860	µs/cm	4,100	µs/cm
Índice de Scott	3,1		24,5		4,0		2,4	
SAR	8,1		4,1		4,7		9,4	
Clasificación	C4-S3		C3-S1		C4-S2		C4-S3	

Muestra núm.	21		22		23		24	
	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l
Residuo seco a 105° C	95,7	2,890	152,6	4,291	153,9	4,179	51,6	1,486
Cloro (Cl)	16,8	0,597	28,2	1,002	30,9	1,095	8,4	0,299
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonato (CO ₃ H)	3,7	0,225	10,1	0,616	31,8	1,940	7,9	0,482
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	27,5	1,320	33,3	1,598	14,6	0,760	9,2	0,440
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	30,5	0,458	32,0	0,482	44,0	0,641	12,4	0,185
Sodio (Na ⁺)	16,7	0,384	38,0	0,874	31,1	0,715	13,3	0,306
Calcio	9,5	0,019	0,7	0,027	1,5	0,058	0,3	0,012
Potasio	0	0	12,3	0,246	14,1	0,282	4,2	0,084
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	4,330	µs/cm	6,495	µs/cm	6,200	µs/cm	2,200	µs/cm
Índice de Scott	3,4		1,9		1,8		6,1	
SAR	4,3		9,5		6,6		5,3	
Clasificación	C4-S2		C4-S3		C4-S3		C3-S2	

Muestra núm.	25		26		27		28	
	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l
Residuo seco a 105° C	63,8	1,911	190,4	5,911	178,6	5,398	113,4	3,484
Cloro (Cl)	11,2	0,460	45,2	1,607	58,9	2,093	15,5	0,550
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,2	0,006	0	0	0	0	0	0
Bicarbonato (CO ₃ H)	5,6	0,342	11,0	0,671	8,5	0,518	3,4	0,207
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	14,5	0,696	39,3	1,886	22,0	1,056	37,4	1,797
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	14,3	0,213	36,2	0,510	8,7	0,126	35,7	0,528
Sodio (Na ⁺)	17,3	0,398	57,3	1,318	79,7	1,833	20,5	0,471
Calcio	3,7	0,027	1,4	0,055	0,8	0,031	0,9	0,035
Potasio	5,2	0,104	9,5	0,190	2,7	0,054	12,5	0,250
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	2,860	µs/cm	8,270	µs/cm	7,970	µs/cm	4,110	µs/cm
Índice de Scott	4,5		1,2		0,9		3,5	
SAR	6,5		13,5		38,2		4,8	
Clasificación	C4-S2		C4-S4		C4-S4		C4-S2	

Muestra num.	Residuo seco a 105° C (g)	Cloro (Cl) (CO ₃ ²⁻ , HCO ₃ ⁻) (g)	Carbonico (CO ₃ ²⁻ , HCO ₃ ⁻) (g)	Sulfurico (SO ₄ ²⁻) (g)	Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺) (g)	Sodio (Na ⁺) (g)	Calcio (Ca ⁺⁺) (g)	Potasio (K ⁺) (g)	Boro (g)	Conductividad eléctrica a 25° C (µm/cm)	Indice de Secchi (g/l)	SAR	Clasificación
29	67,3	1,937	68,2	1,865	59,0	1,520	73,9	1,842	0	2,480	4,8	8,9	C4 S2
30	11,2	0,400	10,0	0,355	8,3	0,294	10,0	0,355	0	2,222	6,7	3,0	C4 S2
31	11,2	0,400	10,0	0,355	8,3	0,294	10,0	0,355	0	2,222	6,7	3,0	C4 S1
32	11,2	0,400	10,0	0,355	8,3	0,294	10,0	0,355	0	2,222	6,7	3,0	C4 S2
33	108,8	3,164	104,0	3,171	84,0	2,485	138,4	4,267	0	4,615	4,8	9,6	C4 S2
34	13,4	0,639	12,8	0,555	9,5	0,395	9,5	0,395	0	4,605	3,8	3,1	C4 S2
35	27,0	1,296	24,9	1,494	24,9	1,494	46,3	2,222	0	3,482	5,1	5,8	C4 S2
36	13,4	0,639	12,8	0,555	9,5	0,395	9,5	0,395	0	3,482	5,1	5,8	C4 S2
37	14,6	0,292	14,6	0,292	10,1	0,202	0,8	0,081	0	3,841	7,8	6,6	C4 S2
38	20,4	0,469	19,1	0,439	11,2	0,278	29,1	0,669	0	4,615	4,8	5,6	C4 S2
39	20,4	0,469	19,1	0,439	11,2	0,278	29,1	0,669	0	4,615	4,8	5,6	C4 S2
40	20,4	0,469	19,1	0,439	11,2	0,278	29,1	0,669	0	4,615	4,8	5,6	C4 S2
41	14,6	0,292	14,6	0,292	10,1	0,202	0,8	0,081	0	3,841	7,8	6,6	C4 S2
42	14,6	0,292	14,6	0,292	10,1	0,202	0,8	0,081	0	3,841	7,8	6,6	C4 S2
43	14,6	0,292	14,6	0,292	10,1	0,202	0,8	0,081	0	3,841	7,8	6,6	C4 S2
44	14,6	0,292	14,6	0,292	10,1	0,202	0,8	0,081	0	3,841	7,8	6,6	C4 S2

Muestra num.	Residuo seco a 105° C (g)	Cloro (Cl) (CO ₃ ²⁻ , HCO ₃ ⁻) (g)	Carbonico (CO ₃ ²⁻ , HCO ₃ ⁻) (g)	Sulfurico (SO ₄ ²⁻) (g)	Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺) (g)	Sodio (Na ⁺) (g)	Calcio (Ca ⁺⁺) (g)	Potasio (K ⁺) (g)	Boro (g)	Conductividad eléctrica a 25° C (µm/cm)	Indice de Secchi (g/l)	SAR	Clasificación
45	97,5	2,908	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
46	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
47	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
48	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
49	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
50	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
51	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
52	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
53	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
54	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
55	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
56	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
57	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
58	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
59	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
60	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
61	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
62	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
63	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
64	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
65	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
66	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
67	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
68	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
69	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
70	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
71	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
72	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
73	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
74	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
75	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
76	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
77	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
78	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
79	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
80	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
81	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
82	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
83	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
84	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
85	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
86	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
87	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
88	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
89	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
90	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
91	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
92	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
93	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
94	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
95	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
96	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
97	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
98	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
99	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2
100	102,6	3,079	27,0	1,667	14,4	2,168	14,4	2,168	0	4,250	9,4	7,8	C4 S2

Muestra num.	Residuo seco a 105° C (g)	Cloro (Cl) (CO ₃ ²⁻ , HCO ₃ ⁻) (g)	Carbonico (CO ₃ ²⁻ , HCO ₃ ⁻) (g)	Sulfurico (SO ₄ ²⁻) (g)	Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺) (g)	Sodio (Na ⁺) (g)	Calcio (Ca ⁺⁺) (g)	Potasio (K ⁺) (g)	Boro (g)	Conductividad eléctrica a 25° C (µm/cm)	Indice de Secchi (g/l)	SAR	Clasificación
101	67,3	1,937	68,2	1,865	59,0	1,520	73,9	1,842	0	2,480	4,8	8,9	C4 S2
102	11,2	0,400	10,0	0,355	8,3	0,294	10,0	0,355	0	2,222	6,7	3,0	C4 S2
103	11,2	0,400	10,0	0,355	8,3	0,294	10,0	0,355	0	2,222	6,7	3,0	C4 S2
104	11,2	0,400	10,0	0,355	8,3	0,294	10,0	0,355	0	2,222	6,7	3,0	C4 S2
105	11,2	0,400	10,0	0,355	8,3	0,294	10,0	0,355	0	2,222	6,7	3,0	C4 S2
106	11,2	0,400	10,										

Muestra núm	54		55		56		57	
	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l
Residuo seco a 105° C	44,1	1,226	80,3	2,182	64,4	1,832	24,1	0,657
Cloro (Cl ⁻)	12,6	0,448	22,6	0,703	18,2	0,645	5,7	0,202
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,2	0,006	0,2	0,006	0,4	0,012	0,2	0,005
Bicarbonato (CO ₃ H ⁻)	4,6	0,280	9,2	0,561	7,5	0,457	3,6	0,219
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	4,3	0,208	7,8	0,374	5,8	0,281	0,2	0,105
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	11,0	0,163	15,3	0,232	11,9	0,181	6,0	0,083
Sodio (Na ⁺)	11,0	0,233	24,7	0,568	11,9	0,458	6,1	0,140
Calcio	3,6	0,072	6,1	0,122	4,8	0,096	1,4	0,028
Potasio	0,4	0,016	0,5	0,019	0,7	0,027	0,3	0,012
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	2.000	µm/cm	3.200	µm/cm	2.755	µm/cm	1.000	µm/cm
Índice de Scott	4,5		2,7		3,1		10,0	
SAR	4,7		8,9		8,1		3,5	
Clasificación	C3-S2		C4-S3		C4-S2		C3-S1	

Muestra núm.	58		59		60		61	
	Residuo seco a 105° C	47,7	1,335	56,7	1,631	74,9	2,184	135,7
Cloro (Cl ⁻)	14,0	0,497	14,1	0,500	18,3	0,650	46,5	1,652
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,2	0,006	0,2	0,006	0,4	0,012	0	0
Bicarbonato (CO ₃ H ⁻)	5,5	0,335	5,6	0,341	4,7	0,286	4,2	0,261
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	3,8	0,181	8,1	0,389	14,5	0,697	16,7	0,802
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	10,4	0,162	12,3	0,178	20,8	0,302	18,5	0,271
Sodio (Na ⁺)	13,5	0,310	15,7	0,361	15,7	0,361	48,0	1,104
Calcio	4,6	0,092	3,8	0,076	6,6	0,132	6,1	0,122
Potasio	0,3	0,012	0,7	0,027	0,5	0,019	1,8	0,070
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	2.905	µm/cm	2.500	µm/cm	3.200	µm/cm	6.070	µm/cm
Índice de Scott	4,5		4,0		3,1		1,2	
SAR	5,9		6,3		4,9		15,8	
Clasificación	C3-S2		C4-S2		C4-S2		C4-S4	

Muestra núm	62		63		64		65	
	Residuo seco a 105° C	166,5	3,416	98,5	2,881	78,1	2,191	88,5
Cloro (Cl ⁻)	39,3	1,397	31,0	1,101	22,6	0,804	25,3	0,900
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0	0	0	0	0,3	0,009	0	0
Bicarbonato (CO ₃ H ⁻)	6,7	0,408	6,8	0,414	6,9	0,420	5,7	0,347
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	12,5	0,604	11,7	0,564	9,0	0,435	13,5	0,647
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	17,5	0,256	15,5	0,224	18,6	0,252	18,6	0,269
Sodio (Na ⁺)	39,0	0,897	32,6	0,750	20,4	0,469	24,7	0,568
Calcio	5,7	0,114	4,7	0,094	3,6	0,072	5,7	0,114
Potasio	1,5	0,058	0,9	0,035	0,3	0,012	0,7	0,027
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	5.640	µm/cm	4.300	µm/cm	3.500	µm/cm	8.950	µm/cm
Índice de Scott	1,4		1,8		2,5		2,2	
SAR	13,2		11,7		6,7		8,1	
Clasificación	C4-S4		C4-S4		C4-S2		C4-S3	

Muestra núm	66		67		70		71	
	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l
Residuo seco a 105° C	114,7	3,320	67,6	1,999	116,7	3,556	28,0	0,778
Cloro (Cl ⁻)	36,5	1,297	15,4	0,540	8,4	0,298	4,2	0,150
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0	0	0,4	0,012	0	0	0,1	0,003
Bicarbonato (CO ₃ H ⁻)	5,6	0,341	6,0	0,366	7,9	0,482	4,7	0,287
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	15,4	0,740	12,2	0,587	42,4	2,035	5,3	0,257
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	26,7	0,401	12,2	0,174	43,0	0,630	10,5	0,148
Sodio (Na ⁺)	29,8	0,685	21,3	0,490	14,6	0,336	3,0	0,089
Calcio	10,1	0,202	3,5	0,070	14,2	0,284	2,8	0,056
Potasio	0,7	0,027	0,1	0,004	0,4	0,016	2,8	0,056
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	5.130	µm/cm	2.723	µm/cm	4.950	µm/cm	1.170	µm/cm
Índice de Scott	1,5		3,4		5,9		13,6	
SAR	8,1		8,6		3,1		1,3	
Clasificación	C4-S3		C4-S3		C4-S2		C3-S1	

Muestra núm	74		75		76		77	
	Residuo seco a 105° C	74,8	2,086	83,2	2,481	76,3	2,187	18,0
Cloro (Cl ⁻)	5,0	0,177	12,8	0,455	14,1	0,501	22,5	0,799
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0	0	0,4	0,012	0,2	0,006	0,4	0,012
Bicarbonato (CO ₃ H ⁻)	20,1	1,226	7,9	0,482	7,6	0,463	8,2	0,500
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	12,6	0,605	20,0	0,900	15,9	0,763	28,1	1,347
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	18,7	0,261	20,0	0,297	24,7	0,364	32,8	0,466
Sodio (Na ⁺)	18,0	0,414	21,6	0,497	18,5	0,310	25,5	0,586
Calcio	4,6	0,092	7,1	0,142	8,4	0,168	9,1	0,182
Potasio	0,4	0,016	0,5	0,019	0,3	0,012	0,5	0,019
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	2.720	µm/cm	3.430	µm/cm	3.430	µm/cm	5.230	µm/cm
Índice de Scott	7,6		3,9		4,1		2,4	
SAR	5,9		6,8		3,8		6,3	
Clasificación	C4-S2		C4-S2		C4-S2		C4-S2	

Muestra núm.	78		79		80		81	
	Residuo seco a 105° C	22,1	0,593	30,8	0,863	45,7	1,262	20,9
Cloro (Cl ⁻)	2,9	0,102	5,6	0,200	10,0	0,355	2,8	0,100
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,1	0,003	0	0	0,2	0,006	0,2	0,006
Bicarbonato (CO ₃ H ⁻)	4,6	0,280	5,0	0,305	7,3	0,445	5,0	0,305
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	3,1	0,147	4,8	0,232	5,7	0,274	2,4	0,115
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	7,5	0,108	9,2	0,133	12,9	0,179	7,2	0,106
Sodio (Na ⁺)	3,9	0,090	6,0	0,138	9,3	0,214	3,3	0,076
Calcio	2,3	0,046	2,8	0,056	3,0	0,066	2,4	0,048
Potasio	0,80	0,003	0,2	0,008	0,3	0,012	0,08	0,003
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	950	µm/cm	1.225	µm/cm	1.875	µm/cm	940	µm/cm
Índice de Scott	18,6		10,0		5,7		19,6	
SAR	2,0		2,8		3,7		1,7	
Clasificación	C3-S1		C3-S1		C3-S1		C3-S1	

Muestra núm.	S2		S3		S4		S5	
	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l
Residuo seco a 105° C	29,5	0,804	52,7	1,479	45,8	1,162	53,0	1,537
Cloro (Cl)	4,2	0,150	5,8	0,207	8,5	0,304	12,7	0,450
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,4	0,012	0,3	0,009	0,7	0,021	0,2	0,006
Bicarbonato (CO ₃ H')	5,2	0,317	11,4	0,695	8,2	0,500	4,9	0,290
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	4,9	0,236	9,5	0,458	5,8	0,279	9,1	0,438
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	11,1	0,162	19,4	0,287	14,2	0,110	14,3	0,218
Sodio (Na ⁺)	3,6	0,083	7,1	0,163	8,1	0,186	11,5	0,264
Calcio	3,6	0,072	6,8	0,136	4,0	0,080	5,8	0,116
Potasio	0,09	0,003	0,2	0,008	0,3	0,012	0,3	0,012
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	1,225	µm/cm	2,325	µm/cm	1,975	µm/cm	2,000	µm/cm
Índice de Scott	13,6		9,4		6,7		4,5	
SAR	1,5		2,3		3,0		4,3	
Clasificación	C3-S1		C4-S1		C3-S1		C4-S2	

Muestra núm.	S7		S8		S9		S9	
	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l
Residuo seco a 105° C	46,4	1,289	44,9	1,217	40,3	1,054	31,0	0,842
Cloro (Cl)	8,5	0,303	8,4	0,298	5,2	0,185	4,2	0,150
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,3	0,009	0,4	0,012	0,3	0,009	0,6	0,018
Bicarbonato (CO ₃ H')	7,9	0,482	8,9	0,523	10,9	0,065	6,2	0,378
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	6,5	0,312	5,1	0,247	4,1	0,196	4,6	0,226
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	14,7	0,225	13,8	0,206	15,1	0,222	11,5	0,169
Sodio (Na ⁺)	8,3	0,191	8,2	0,189	4,6	0,106	3,8	0,087
Calcio	6,1	0,122	5,1	0,102	5,1	0,102	3,9	0,078
Potasio	0,2	0,008	0,1	0,004	0,1	0,004	0,09	0,003
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	1,975	µm/cm	1,830	µm/cm	1,560	µm/cm	1,295	µm/cm
Índice de Scott	6,7		7,0		11,0		13,6	
SAR	3,1		3,1		1,7		1,6	
Clasificación	C3-S1		C3-S1		C3-S1		C3-S1	

Muestra núm.	92		93		94		96	
	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l
Residuo seco a 105° C	173,08	5,024	183,2	5,418	150,1	5,127	245,6	7,191
Cloro (Cl)	47,7	1,695	62,0	2,203	33,7	1,197	14,6	2,650
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,6	0,018	0,4	0,012	0	0	0	0
Bicarbonato (CO ₃ H')	13,0	0,793	3,9	0,237	22,3	1,360	10,1	0,616
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	26,1	1,253	24,8	1,190	19,6	0,943	37,4	1,796
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	40,4	0,595	25,6	0,3	45,5	0,631	49,5	0,716
Sodio (Na ⁺)	45,4	1,044	66,0	1,518	28,4	0,653	72,8	1,674
Calcio	13,8	0,276	6,4	0,128	10,6	0,212	15,3	0,306
Potasio	0,6	0,023	0,5	0,019	0,6	0,023	1,2	0,047
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	7,415	µm/cm	7,500	µm/cm	6,270	µm/cm	10,000	µm/cm
Índice de Scott	1,2		0,9		1,7		0,7	
SAR	10,1		18,4		5,9		14,6	
Clasificación	C4-S4		C4-S4		C4-S3		C4-S4	

Muestra núm.	96 bis		97		98		99	
	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l
Residuo seco a 105° C	37,2	1,057	183,0	5,257	136,6	4,149	93,9	3,509
Cloro (Cl)	8,50	0,303	53,9	2,093	38,2	1,000	19,5	0,692
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0	0	0,5	0,015	0,5	0,015	0	0
Bicarbonato (CO ₃ H')	4,8	0,926	10,9	0,665	8,0	0,488	20,6	1,257
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	5,1	0,248	21,9	1,050	33,4	1,603	7,2	0,347
Sodio (Na ⁺)	11,5	0,187	38,7	0,546	38,6	0,565	28,1	0,411
Calcio	7,1	0,163	50,7	1,166	30,2	0,695	18,2	0,419
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	6,1	0,122	10,2	0,204	12,7	0,254	9,2	0,184
Potasio	0,2	0,008	1,4	0,055	0,7	0,027	0,3	0,012
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	1,619	µm/cm	8,500	µm/cm	6,280	µm/cm	3,890	µm/cm
Índice de Scott	0,7		2,0		2,0		2,9	
SAR	3,0		11,5		6,9		4,8	
Clasificación	C3-S1		C4-S4		C4-S3		C4-S2	

Muestra núm.	100		101		102		103	
	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l
Residuo seco a 105° C	64,5	1,879	56,0	1,391	190,5	5,794	219,5	6,653
Cloro (Cl)	5,6	0,200	4,2	0,150	28,1	0,997	36,5	1,295
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,6	0,018	0,1	0,003	0,3	0,009	0,1	0,003
Bicarbonato (CO ₃ H')	8,6	0,525	9,5	0,579	5,9	0,360	7,2	0,439
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	17,7	0,850	11,7	0,561	60,4	2,900	66,6	3,197
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	23,8	0,357	19,2	0,263	61,8	0,908	67,0	0,955
Sodio (Na ⁺)	8,0	0,184	5,1	0,117	32,9	0,757	41,1	0,945
Calcio	8,9	0,178	4,1	0,082	26,8	0,416	18,9	0,378
Potasio	0,2	0,008	0,2	0,008	1,1	0,043	1,0	0,039
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	2,960	µm/cm	1,870	µm/cm	7,815	µm/cm	8,500	µm/cm
Índice de Scott	9,4		13,0		1,9		1,5	
SAR	2,3		1,6		5,9		7,1	
Clasificación	C4-S1		C3-S1		C4-S3		C4-S3	

Muestra núm.	104		105		106		107	
	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l
Residuo seco a 105° C	291,7	8,535	77,1	2,096	260,2	7,768	226,6	6,736
Cloro (Cl)	80,0	2,840	11,1	0,396	70,6	2,507	64,6	2,294
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,5	0,015	0	0	0,4	0,012	0,4	0,012
Bicarbonato (CO ₃ H')	11,1	0,677	13,5	0,823	4,2	0,256	3,7	0,025
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	55,0	2,640	14,1	0,677	55,2	2,652	45,0	2,160
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	73,3	1,028	30,6	0,450	59,8	0,846	52,3	0,741
Sodio (Na ⁺)	70,4	1,619	7,5	0,150	68,5	1,575	59,2	1,362
Calcio	18,6	0,372	10,4	0,208	16,1	0,322	14,2	0,284
Potasio	1,4	0,055	0,3	0,002	1,5	0,058	1,4	0,055
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	10,300	µm/cm	3,350	µm/cm	10,150	µm/cm	9,600	µm/cm
Índice de Scott	0,7		5,1		0,8		0,9	
SAR	11,6		1,9		12,5		11,6	
Clasificación	C4-S4		C4-S4		C4-S4		C4-S4	

Muestra núm.	108		109		110		111	
	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l
Residuo seco a 105° C	165,9	4,939	231,0	6,973	313,9	9,440	228,2	6,909
Cloro (Cl ⁻)	45,0	1,600	45,2	1,607	59,9	2,095	35,2	1,250
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,3	0,009	0,5	0,015	0,7	0,021	0,3	0,009
Bicarbonato (CO ₃ H ⁻)	3,7	0,225	5,3	0,323	7,9	0,482	6,1	0,371
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	33,8	1,623	65,4	3,139	89,6	4,301	72,9	3,501
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	36,5	0,530	71,5	1,039	97,5	1,399	77,6	1,114
Sodio (Na ⁺)	44,8	1,030	41,8	0,961	57,9	1,332	34,9	0,803
Calcio	11,5	0,230	22,6	0,452	28,6	0,572	22,8	0,456
Potasio	0,9	0,035	1,3	0,051	1,3	0,051	1,2	0,047
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	6,825	µm/cm	9,250	µm/cm	11,000	µm/cm	9,325	µm/cm
Índice de Scott	1,3		1,3		0,9		1,8	
SAR	10,5		7,0		8,3		5,6	
Clasificación	C4-S4		C4-S3		C4-S4		C4-S3	

Muestra núm.	112		113		114		115	
	Residuo seco a 105° C	56,9	1,578	154,1	4,518	195,8	8,819	261,4
Cloro (Cl ⁻)	8,4	0,300	25,3	0,898	45,0	1,598	42,2	1,500
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,1	0,003	0	0	0,8	0,024	0,7	0,021
Bicarbonato (CO ₃ H ⁻)	9,0	0,549	11,9	0,725	9,8	0,598	6,7	0,408
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	11,3	0,543	40,4	1,940	92,9	4,460	81,15	3,914
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	22,0	0,314	51,2	0,731	113,2	1,643	87,9	1,280
Sodio (Na ⁺)	5,9	0,136	25,0	0,575	33,4	0,768	41,7	0,959
Calcio	6,2	0,124	14,6	0,292	35,6	0,712	28,1	0,562
Potasio	0,2	0,008	0,3	0,012	0,7	0,027	0,7	0,027
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	2,400	µm/cm	6,635	µm/cm	10,695	µm/cm	9,500	µm/cm
Índice de Scott	6,8		2,3		1,2		1,3	
SAR	1,7		4,9		4,6		6,3	
Clasificación	C4-S1		C4-S2		C4-S4		C4-S4	

Muestra núm.	116		117		118		119	
	Residuo seco a 105° C	169,5	5,025	248,7	1,380	289,7	8,753	112,1
Cloro (Cl ⁻)	39,0	1,384	42,2	1,499	42,0	1,500	37,4	1,328
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,4	0,012	0,5	0,015	1,6	0,48	1,0	0,030
Bicarbonato (CO ₃ H ⁻)	5,3	0,323	7,8	0,475	5,9	0,359	4,4	0,268
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	40,4	1,939	74,4	3,575	95,4	4,580	13,8	0,664
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	47,4	0,669	86,0	1,173	102,5	1,469	22,7	0,318
Sodio (Na ⁺)	36,4	0,837	36,8	0,846	41,0	0,943	32,4	0,745
Calcio	12,7	0,254	17,6	0,352	28,8	0,756	5,7	0,114
Potasio	0,6	0,023	1,0	0,039	1,1	0,043	0,4	0,016
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	7,000	µm/cm	9,630	µm/cm	10,970	µm/cm	4,390	µm/cm
Índice de Scott	1,4		1,3		1,3		1,5	
SAR	7,5		5,6		5,7		9,6	
Clasificación	C4-S3		C4-S3		C4-S3		C4-S3	

Muestra núm.	120		121		122		123	
	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l
Residuo seco a 105° C	22,5	0,634	81,6	2,358	75,2	2,164	57,6	1,614
Cloro (Cl ⁻)	4,2	0,150	26,6	0,944	24,0	0,852	12,7	0,452
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,1	0,003	0,5	0,015	0,2	0,006	0,1	0,003
Bicarbonato (CO ₃ H ⁻)	3,4	0,207	4,6	0,281	4,5	0,274	8,6	0,525
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	3,3	0,161	9,6	0,456	9,0	0,435	7,7	0,372
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	6,5	0,088	13,9	0,197	15,0	0,211	11,8	0,230
Sodio (Na ⁺)	4,1	0,094	26,1	0,600	22,2	0,511	12,5	0,287
Calcio	1,3	0,026	3,8	0,076	3,9	0,078	5,1	0,102
Potasio	0,9	0,035	0,3	0,012	0,3	0,012	0,2	0,008
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	1,015	µm/cm	3,350	µm/cm	3,590	µm/cm	2,390	µm/cm
Índice de Scott	13,6		2,1		2,3		4,5	
SAR	9,9		9,9		8,1		4,4	
Clasificación	C4-S1		C4-S3		C4-S3		C4-S2	

Muestra núm.	124		125		126		127	
	Residuo seco a 105° C	57,3	1,636	64,2	1,824	72,6	2,076	75,4
Cloro (Cl ⁻)	10,0	0,355	12,7	0,450	18,2	0,646	21,1	0,752
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,1	0,003	0,4	0,012	0,5	0,015	0,4	0,012
Bicarbonato (CO ₃ H ⁻)	7,6	0,463	7,8	0,475	6,6	0,403	5,9	0,359
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	11,3	0,542	11,6	0,558	11,3	0,544	10,7	0,514
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	18,1	0,267	19,0	0,280	18,0	0,253	19,2	0,285
Sodio (Na ⁺)	10,0	0,230	12,4	0,285	17,8	0,409	17,9	0,412
Calcio	6,2	0,124	6,5	0,130	4,6	0,092	6,8	0,136
Potasio	0,2	0,008	0,3	0,012	0,2	0,008	0,2	0,008
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	2,355	µm/cm	2,590	µm/cm	2,920	µm/cm	3,430	µm/cm
Índice de Scott	9,7		4,5		3,1		2,7	
SAR	3,3		4,0		5,9		5,8	
Clasificación	C4-S1		C4-S2		C4-S2		C4-S2	

Muestra núm.	128		129		130		131	
	Residuo seco a 105° C	109,2	2,157	140,6	4,145	37,3	1,036	135,8
Cloro (Cl ⁻)	23,7	0,844	59,6	1,738	8,4	0,297	38,0	1,350
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,5	0,015	0,2	0,006	0,6	0,018	0,5	0,015
Bicarbonato (CO ₃ H ⁻)	8,6	0,524	2,5	0,152	5,0	0,305	5,9	0,359
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	21,9	1,050	17,5	0,841	4,8	0,232	23,8	1,144
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	31,7	0,455	22,4	0,329	10,1	0,140	28,8	0,414
Sodio (Na ⁺)	22,4	0,515	47,1	1,083	8,2	0,189	37,9	0,872
Calcio	9,3	0,186	7,5	0,150	2,4	0,048	8,5	0,170
Potasio	0,4	0,016	6,3	0,012	0,2	0,008	0,9	0,035
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	1,035	µm/cm	6,580	µm/cm	1,830	µm/cm	5,800	µm/cm
Índice de Scott	2,1		1,1		6,8		1,5	
SAR	5,6		14,1		3,6		10,0	
Clasificación	C4-S2		C4-S1		C4-S1		C4-S1	

Muestra num	132		133		134		136	
	mg/l	g/l	mg/l	g/l	mg/l	g/l	mg/l	g/l
Residuo seco a 105° C	57,5	1,059	61,2	1,076	53,2	1,506	83,5	2,476
Cloro (Cl ⁻)	8,4	0,300	14,0	0,498	11,2	0,400	14,1	0,500
Carbonico (CO ₃ ²⁻)	0,4	0,012	0,6	0,018	0,5	0,015	0,5	0,015
Bicarbonico (CO ₃ H ⁻)	5,1	0,311	8,9	0,523	7,0	0,427	3,6	0,219
Sulfurico (SO ₄ ²⁻)	5,2	0,251	7,3	0,350	8,2	0,333	23,8	1,146
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	10,1	0,148	16,4	0,234	15,1	0,224	29,0	0,413
Sodio (Na ⁺)	8,2	0,189	13,8	0,317	11,0	0,253	12,2	0,281
Calcio	3,3	0,066	4,6	0,092	5,3	0,106	8,1	0,162
Potasio	6,1	0,004	0	0	0	0	0,3	0,012
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	1.710	µs/cm	2.260	µs/cm	2.480	µs/cm	3.500	µs/cm
Indice de Scott	6,8		4,1		5,1		4,1	
SAR	3,6		4,8		4,0		3,2	
Clasificación	C3 S1		C4 S2		C4 S2		C4 S2	

Muestra num	145		146		147		148	
	mg/l	g/l	mg/l	g/l	mg/l	g/l	mg/l	g/l
Residuo seco a 105° C	78,3	2,328	105,4	3,086	110,8	3,274	168,1	4,970
Cloro (Cl ⁻)	16,8	0,596	25,3	0,900	28,3	1,007	33,6	1,194
Carbonico (CO ₃ ²⁻)	0,2	0,006	0,1	0,003	0,4	0,012	0,6	0,018
Bicarbonico (CO ₃ H ⁻)	3,0	0,183	3,3	0,201	3,1	0,189	7,4	0,451
Sulfurico (SO ₄ ²⁻)	19,4	0,933	24,0	1,152	24,0	1,152	42,9	2,062
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	22,6	0,322	31,9	0,448	29,5	0,417	51,5	0,731
Sodio (Na ⁺)	16,0	0,368	20,5	0,471	25,2	0,580	31,7	0,729
Calcio	6,3	0,126	8,2	0,164	7,9	0,158	14,1	0,282
Potasio	0,3	0,012	0,3	0,012	0,3	0,012	0,4	0,016
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	3.080	µs/cm	4.060	µs/cm	4.030	µs/cm	6.410	µs/cm
Indice de Scott	3,4		2,2		2,0		1,8	
SAR	4,8		5,1		6,6		6,2	
Clasificación	C4 S2		C4 S2		C4 S2		C4 S3	

Muestra num	137		138		139		140	
	mg/l	g/l	mg/l	g/l	mg/l	g/l	mg/l	g/l
Residuo seco a 105° C	63,4	1,841	54,0	1,431	62,3	1,801	54,7	1,595
Cloro (Cl ⁻)	12,5	0,443	12,7	0,459	12,7	0,459	11,3	0,402
Carbonico (CO ₃ ²⁻)	0,4	0,012	0,2	0,006	0,3	0,009	0,1	0,003
Bicarbonico (CO ₃ H ⁻)	3,3	0,201	4,6	0,281	5,1	0,311	2,7	0,164
Sulfurico (SO ₄ ²⁻)	15,8	0,757	9,9	0,467	13,5	0,650	13,5	0,648
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	23,2	0,357	18,4	0,169	19,0	0,266	18,7	0,263
Sodio (Na ⁺)	8,0	0,184	8,1	0,186	11,6	0,267	8,2	0,189
Calcio	7,3	0,146	4,3	0,086	4,7	0,094	4,8	0,096
Potasio	0,2	0,008	0,1	0,004	0,1	0,004	0,2	0,008
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	3.080	µs/cm	2.405	µs/cm	2.410	µs/cm	2.400	µs/cm
Indice de Scott	4,1		4,5		4,5		5,1	
SAR	2,3		2,7		3,8		2,7	
Clasificación	C4 S1		C4 S1		C4 S1		C4 S1	

Muestra num	149		150		151		152	
	mg/l	g/l	mg/l	g/l	mg/l	g/l	mg/l	g/l
Residuo seco a 105° C	95,6	2,774	115,3	3,417	103,8	3,180	180,5	5,424
Cloro (Cl ⁻)	16,9	0,602	25,3	0,903	25,3	0,906	42,2	1,439
Carbonico (CO ₃ ²⁻)	0,4	0,012	0,2	0,006	0,3	0,009	0,5	0,015
Bicarbonico (CO ₃ H ⁻)	9,1	0,555	4,2	0,256	4,2	0,256	3,5	0,213
Sulfurico (SO ₄ ²⁻)	21,8	1,049	28,2	1,355	24,0	1,152	41,6	2,143
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	30,7	0,445	33,2	0,456	27,8	0,399	47,5	0,673
Sodio (Na ⁺)	16,4	0,377	23,4	0,538	24,4	0,561	41,1	0,945
Calcio	9,6	0,192	7,2	0,144	8,2	0,164	12,9	0,258
Potasio	0,3	0,012	0,8	0,031	0,8	0,031	1,1	0,043
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	4.050	µs/cm	5.085	µs/cm	4.875	µs/cm	7.900	µs/cm
Indice de Scott	3,4		2,2		2,2		1,3	
SAR	4,2		5,7		6,5		8,4	
Clasificación	C4 S2		C4 S2		C4 S4		C4 S2	

Muestra num	141		142		143		144	
	mg/l	g/l	mg/l	g/l	mg/l	g/l	mg/l	g/l
Residuo seco a 105° C	85,1	2,499	84,1	2,494	76,8	2,302	75,8	1,956
Cloro (Cl ⁻)	20,0	0,710	16,8	0,596	14,1	0,500	14,0	0,497
Carbonico (CO ₃ ²⁻)	0,3	0,009	0,4	0,012	0,2	0,006	0,2	0,006
Bicarbonico (CO ₃ H ⁻)	2,7	0,164	3,3	0,201	2,7	0,164	3,0	0,189
Sulfurico (SO ₄ ²⁻)	19,6	0,941	21,8	1,059	21,8	1,059	21,0	1,010
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	26,8	0,391	15,5	0,356	23,8	0,334	23,8	0,336
Sodio (Na ⁺)	15,4	0,374	16,0	0,368	14,0	0,322	13,6	0,313
Calcio	8,7	0,174	6,3	0,126	6,0	0,120	6,3	0,126
Potasio	0,3	0,012	0,3	0,012	0,2	0,008	0,2	0,008
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	3.670	µs/cm	3.340	µs/cm	2.960	µs/cm	2.960	µs/cm
Indice de Scott	2,8		3,4		4,1		4,1	
SAR	4,2		4,5		4,0		3,9	
Clasificación	C4 S2		C4 S2		0		0	

Muestra num	153		154		155		156	
	mg/l	g/l	mg/l	g/l	mg/l	g/l	mg/l	g/l
Residuo seco a 105° C	102,4	3,042	162,4	3,993	165,7	5,146	96,0	2,875
Cloro (Cl ⁻)	22,6	0,804	25,3	0,899	44,6	1,583	20,3	0,720
Carbonico (CO ₃ ²⁻)	0,4	0,012	0,4	0,012	0,2	0,006	0,2	0,006
Bicarbonico (CO ₃ H ⁻)	4,8	0,294	3,6	0,219	4,1	0,250	3,1	0,189
Sulfurico (SO ₄ ²⁻)	23,8	1,144	37,4	1,796	34,4	1,651	27,7	1,186
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	27,6	0,389	40,6	0,589	37,3	0,529	57,3	0,392
Sodio (Na ⁺)	22,4	0,515	24,4	0,561	44,2	1,017	19,9	0,458
Calcio	7,2	0,144	12,7	0,254	10,2	0,204	8,1	0,162
Potasio	0,8	0,031	0,7	0,027	0,9	0,035	0,5	0,019
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	4.570	µs/cm	5.830	µs/cm	7.600	µs/cm	4.475	µs/cm
Indice de Scott	2,5		2,3		1,3		2,8	
SAR	6,0		5,4		10,2		5,4	
Clasificación	C4 S2		C4 S3		C4 S4		C4 S2	

Muestra núm	157		158		159		160	
	mg/l	g/l	mg/l	g/l	mg/l	g/l	mg/l	g/l
Residuo seco a 105° C	97,6	2,950	146,1	4,366	174,6	5,239	127,7	3,817
Cloro (Cl ⁻)	16,9	0,600	35,0	1,242	46,4	1,650	28,4	2,000
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,2	0,006	0,3	0,009	0,4	0,012	0,3	0,009
Bicarbonato (CO ₃ H ⁻)	2,7	0,167	3,3	0,201	3,5	0,213	3,1	0,189
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	29,3	1,406	34,1	1,637	37,4	1,795	32,2	1,548
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	31,2	0,451	37,6	0,540	40,5	0,596	35,6	0,509
Sodio (Na ⁺)	16,8	0,386	34,9	0,803	45,6	1,049	27,4	0,630
Calcio	9,6	0,192	11,1	0,222	13,7	0,274	10,2	0,204
Potasio	0,9	0,019	0,9	0,025	0,8	0,031	0,7	0,027
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	4.225	µs/cm	6.330	µs/cm	7.000	µs/cm	5.500	µs/cm
Índice de Scott	3,4		1,6		1,2		2,6	
SAR	4,2		8,0		10,1		6,5	
Clasificación	C4-S2		C4-S3		C4-S4		C4-S3	

Muestra núm	161		162		163		164	
	mg/l	g/l	mg/l	g/l	mg/l	g/l	mg/l	g/l
Residuo seco a 105° C	109,8	3,259	129,5	3,623	126,9	3,804	125,1	3,738
Cloro (Cl ⁻)	25,3	0,900	28,0	0,996	25,3	0,900	28,1	1,000
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,4	0,012	0,2	0,006	0,4	0,012	0,3	0,009
Bicarbonato (CO ₃ H ⁻)	3,3	0,201	2,2	0,134	4,9	0,299	3,0	0,183
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	26,1	1,254	30,4	1,462	33,2	1,594	31,2	1,497
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	29,8	0,433	31,2	0,458	33,4	0,478	34,2	0,502
Sodio (Na ⁺)	24,2	0,557	27,9	0,642	29,1	0,669	27,7	0,637
Calcio	9,4	0,188	10,5	0,216	9,6	0,192	11,4	0,228
Potasio	0,7	0,027	0,6	0,023	0,6	0,023	0,6	0,023
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	1.810	µs/cm	5.100	µs/cm	5.305	µs/cm	5.400	µs/cm
Índice de Scott	2,3		2,0		2,2		2,0	
SAR	6,3		7,1		7,1		6,7	
Clasificación	C4-S2		C4-S3		C4-S3		C4-S3	

Muestra núm	165		166		167		168	
	mg/l	g/l	mg/l	g/l	mg/l	g/l	mg/l	g/l
Residuo seco a 105° C	104,4	3,150	79,6	2,389	93,4	2,783	59,5	1,758
Cloro (Cl ⁻)	16,7	0,535	12,8	0,454	14,1	0,502	11,3	0,402
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,5	0,015	0,4	0,012	0,4	0,012	0,3	0,009
Bicarbonato (CO ₃ H ⁻)	4,5	0,015	3,0	0,183	4,3	0,262	3,3	0,201
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	39,7	1,474	24,0	1,152	28,4	1,363	15,3	0,737
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	31,5	0,456	26,5	0,377	34,5	0,499	19,5	0,278
Sodio (Na ⁺)	20,4	0,469	12,5	0,287	11,3	0,260	9,4	0,216
Calcio	9,7	0,194	7,4	0,148	10,6	0,212	5,5	0,110
Potasio	0,1	0,004	0,4	0,016	0,4	0,016	0,4	0,016
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	1.675	µs/cm	3.610	µs/cm	3.850	µs/cm	2.780	µs/cm
Índice de Scott	3,2		4,4		4,1		5,0	
SAR	5,1		3,4		2,7		3,0	
Clasificación	C4-S2		C4-S2		C4-S2		C4-S1	

Muestra núm.	169		170		171		172	
	mg/l	g/l	mg/l	g/l	mg/l	g/l	mg/l	g/l
Residuo seco a 105° C	59,9	1,759	25,9	0,699	24,3	0,661	51,7	1,377
Cloro (Cl ⁻)	10,0	0,355	4,2	0,150	4,2	0,150	5,6	0,198
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,4	0,012	0,4	0,012	0,4	0,012	0,3	0,009
Bicarbonato (CO ₃ H ⁻)	4,6	0,280	5,4	0,329	4,6	0,280	14,6	0,890
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	15,4	0,740	3,1	0,147	3,0	0,144	5,5	0,265
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	19,6	0,281	8,8	0,131	8,2	0,122	15,8	0,227
Sodio (Na ⁺)	9,7	0,223	3,8	0,087	3,7	0,085	9,6	0,221
Calcio	5,7	0,014	3,2	0,064	3,0	0,060	4,7	0,094
Potasio	0,2	0,008	0,2	0,008	0,2	0,008	0,3	0,012
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	2.670	µs/cm	1.155	µs/cm	1.135	µs/cm	2.080	µs/cm
Índice de Scott	5,7		13,6		13,6		8,5	
SAR	3,1		1,8		1,8		3,4	
Clasificación	C4-S1		C3-S1		C3-S1		C3-S1	

Muestra núm.	173		174		175		176	
	mg/l	g/l	mg/l	g/l	mg/l	g/l	mg/l	g/l
Residuo seco a 105° C	42,0	1,166	41,0	1,272	48,6	1,449	72,4	2,131
Cloro (Cl ⁻)	5,6	0,200	5,6	0,200	5,6	0,200	14,2	0,505
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,3	0,009	0,3	0,009	0,3	0,009	0,5	0,015
Bicarbonato (CO ₃ H ⁻)	5,5	0,335	5,8	0,354	3,2	0,195	5,3	0,324
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	9,3	0,448	10,0	0,528	15,6	0,749	16,7	0,800
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	17,6	0,254	18,5	0,627	18,6	0,269	21,6	0,321
Sodio (Na ⁺)	3,5	0,080	3,6	0,083	5,1	0,117	13,9	0,320
Calcio	5,3	0,106	5,6	0,112	5,7	0,114	7,7	0,154
Potasio	0,2	0,008	0,2	0,008	0,2	0,008	0,2	0,008
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	1.920	µs/cm	1.970	µs/cm	2.080	µs/cm	2.850	µs/cm
Índice de Scott	10,2		10,2		10,2		4,0	
SAR	1,2		1,2		1,7		4,2	
Clasificación	C3-S1		C3-S1		C3-S1		C4-S2	

Muestra núm.	177		178		179		180	
	mg/l	g/l	mg/l	g/l	mg/l	g/l	mg/l	g/l
Residuo seco a 105° C	87,7	2,575	108,4	3,371	86,3	2,594	137,9	4,109
Cloro (Cl ⁻)	19,6	0,697	14,1	0,500	12,7	0,452	33,8	1,200
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,3	0,009	0,4	0,012	0,4	0,012	0,6	0,018
Bicarbonato (CO ₃ H ⁻)	4,3	0,262	3,6	0,220	3,8	0,231	4,3	0,262
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	19,7	0,942	36,2	1,738	26,7	1,282	30,4	1,459
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	24,5	0,349	39,6	0,592	30,0	0,436	35,5	0,527
Sodio (Na ⁺)	19,1	0,439	13,5	0,310	12,4	0,285	32,9	0,757
Calcio	6,9	0,138	10,8	0,216	9,5	0,190	12,6	0,252
Potasio	0,2	0,008	1,0	0,039	0,3	0,012	0,4	0,016
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	3.665	µs/cm	4.675	µs/cm	3.865	µs/cm	6.100	µs/cm
Índice de Scott	2,9		4,1		4,4		1,7	
SAR	5,5		3,0		3,2		7,8	
Clasificación	C4-S2		C4-S2		C4-S2		C4-S3	

Muestra núm.	181		182		183		184	
	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l
Residuo seco a 105° C	69,9	2,046	87,2	2,585	59,8	1,723	68,6	2,023
Cloro (Cl ⁻)	14,1	0,500	17,0	0,603	14,1	0,503	14,0	0,498
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,6	0,018	0,4	0,012	0,3	0,009	0,4	0,012
Bicarbonato (CO ₃ H ⁻)	4,8	0,296	4,8	0,296	4,5	0,274	4,8	0,296
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	15,5	0,744	21,8	1,050	11,5	0,553	15,5	0,747
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	20,7	0,306	26,3	0,378	19,0	0,278	17,8	0,290
Sodio (Na ⁺)	14,0	0,322	16,6	0,382	10,2	0,275	13,9	0,320
Calcio	7,2	0,144	7,8	0,156	6,3	0,126	6,5	0,130
Potasio	0,2	0,008	0,3	0,012	0,2	0,008	0,2	0,008
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	2,960	µm/cm	3,750	µm/cm	2,875	µm/cm	2,850	µm/cm
Índice de Scott	4,1		3,4		4,1		4,1	
SAR	4,3		4,6		3,3		4,4	
Clasificación	C4-S2		C4-S2		C4-S1		C4-S2	

Muestra núm.	185		186		187		188	
	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l
Residuo seco a 105° C	59,6	1,713	66,7	1,890	94,1	2,873	95,4	2,883
Cloro (Cl ⁻)	14,1	0,500	11,2	0,398	5,7	0,204	8,6	0,307
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,5	0,015	0,9	0,027	0,2	0,006	0,3	0,009
Bicarbonato (CO ₃ H ⁻)	4,4	0,268	9,2	0,561	5,3	0,223	4,8	0,295
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	11,2	0,541	12,5	0,600	36,3	1,742	34,2	1,642
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	19,0	0,280	22,0	0,331	38,9	0,580	39,3	0,585
Sodio (Na ⁺)	10,2	0,235	10,7	0,246	7,5	0,172	8,0	0,184
Calcio	6,5	0,130	8,4	0,168	14,1	0,282	14,2	0,284
Potasio	0,2	0,008	0,2	0,008	0,2	0,008	0,2	0,008
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	2,550	µm/cm	2,550	µm/cm	4,260	µm/cm	4,275	µm/cm
Índice de Scott	4,1		5,1		9,4		6,8	
SAR	3,3		3,2		1,7		1,8	
Clasificación	C4-S1		C4-S1		C4-S1		C4-S1	

Muestra núm.	189		190		191		192	
	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l
Residuo seco a 105° C	93,6	2,796	103,0	2,835	73,8	2,021	48,8	1,398
Cloro (Cl ⁻)	7,1	0,252	20,0	0,710	11,2	0,398	4,2	0,150
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,5	0,015	0,5	0,015	0	0	0,4	0,012
Bicarbonato (CO ₃ H ⁻)	5,5	0,335	17,8	1,086	14,0	0,854	5,6	0,341
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	34,2	1,642	13,5	0,650	12,2	0,586	13,8	0,663
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	39,7	0,568	31,8	0,467	26,0	0,367	19,8	0,286
Sodio (Na ⁺)	6,5	0,149	19,2	0,442	10,2	0,235	4,9	0,113
Calcio	11,5	0,230	10,7	0,214	6,9	0,138	6,1	0,122
Potasio	0,1	0,004	0,2	0,008	0,2	0,008	0,1	0,004
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	3,840	µm/cm	4,240	µm/cm	2,550	µm/cm	1,500	µm/cm
Índice de Scott	8,1		2,9		5,1		13,1	
SAR	1,4		4,8		2,8		1,5	
Clasificación	C4-S1		C4-S2		C4-S1		C3-S1	

Muestra núm.	193		194		195		196	
	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l
Residuo seco a 105° C	85,6	2,455	43,6	1,422	68,4	1,978	76,8	2,225
Cloro (Cl ⁻)	22,5	0,800	8,3	0,296	11,3	0,402	8,4	0,300
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,6	0,018	0,5	0,015	0,3	0,009	0,2	0,006
Bicarbonato (CO ₃ H ⁻)	5,8	0,353	6,3	0,384	7,4	0,451	9,0	0,549
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	14,2	0,682	10,6	0,486	15,6	0,750	21,2	1,018
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	24,3	0,357	16,2	0,242	22,4	0,326	27,5	0,380
Sodio (Na ⁺)	18,0	0,414	8,2	0,187	11,2	0,258	10,2	0,235
Calcio	8,2	0,164	6,0	0,120	7,7	0,154	6,3	0,126
Potasio	0,2	0,008	0,1	0,004	0,2	0,008	0,3	0,012
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	3,475	µm/cm	1,680	µm/cm	2,830	µm/cm	3,200	µm/cm
Índice de Scott	2,5		6,8		5,1		6,5	
SAR	5,2		2,9		3,3		2,7	
Clasificación	C4-S2		C3-S1		C4-S1		C4-S1	

Muestra núm.	199		200		201		202	
	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l
Residuo seco a 105° C	142,2	4,153	135,4	3,964	106,4	3,151	139,2	4,216
Cloro (Cl ⁻)	28,4	1,000	28,4	1,000	19,6	0,697	19,7	0,700
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,6	0,018	0,6	0,018	0,7	0,021	0,7	0,021
Bicarbonato (CO ₃ H ⁻)	9,3	0,576	8,3	0,506	7,3	0,445	5,9	0,359
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	33,2	1,594	30,8	1,477	26,1	1,253	43,3	2,078
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	42,2	0,599	38,7	0,551	30,8	0,448	43,9	0,640
Sodio (Na ⁺)	28,1	0,643	28,2	0,649	21,5	0,494	25,3	0,582
Calcio	11,6	0,232	10,8	0,216	9,8	0,196	14,2	0,284
Potasio	0,4	0,016	0,4	0,016	0,8	0,036	14,2	0,284
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	5,900	µm/cm	5,800	µm/cm	4,520	µm/cm	6,100	µm/cm
Índice de Scott	2,0		2,0		2,8		2,7	
SAR	4,1		6,4		5,5		5,4	
Clasificación	C4-S2		C4-S2		C4-S2		C4-S2	

Muestra núm.	203		204		205		206	
	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l
Residuo seco a 105° C	77,0	2,209	77,5	2,220	72,3	2,134	85,6	2,529
Cloro (Cl ⁻)	11,3	0,403	11,3	0,403	14,1	0,500	14,1	0,500
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,5	0,015	0,6	0,018	0,4	0,012	0,4	0,012
Bicarbonato (CO ₃ H ⁻)	8,4	0,512	8,3	0,506	2,9	0,177	3,7	0,225
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	18,0	0,864	18,5	0,887	19,0	0,913	24,7	1,188
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	27,2	0,389	27,2	0,387	25,4	0,374	32,0	0,470
Sodio (Na ⁺)	11,3	0,260	11,3	0,260	10,2	0,235	10,2	0,235
Calcio	7,8	0,156	7,6	0,152	8,6	0,172	10,8	0,216
Potasio	0,3	0,012	0,3	0,012	0,3	0,012	0,3	0,012
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	3,205	µm/cm	3,210	µm/cm	3,215	µm/cm	3,525	µm/cm
Índice de Scott	5,1		5,1		4,1		4,1	
SAR	3,1		3,1		2,9		2,5	
Clasificación	C4-S1		C4-S1		C4-S1		C4-S1	

Muestra núm.	207		208		209		210	
	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l
Residuo seco a 105° C	79,5	2,346	112,7	3,405	71,2	2,097	86,1	2,566
Cloro (Cl)	14,1	0,500	19,6	0,697	12,8	0,455	15,4	0,548
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,3	0,009	0,3	0,009	0,3	0,009	0,3	0,009
Bicarbonato (CO ₃ H ⁺)	3,5	0,213	3,4	0,207	3,1	0,189	3,7	0,225
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	22,0	1,056	33,3	1,662	19,6	0,940	23,9	1,148
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	29,2	0,428	35,5	0,517	26,1	0,382	29,5	0,440
Sodio (Na ⁺)	10,2	0,235	20,4	0,469	9,1	0,209	13,1	0,301
Calcio	9,7	0,194	11,4	0,228	8,6	0,172	10,8	0,216
Potasio	0,3	0,012	0,2	0,008	0,2	0,008	0,2	0,008
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	3.215	µs/cm	4.820	µs/cm	2.960	µs/cm	3.630	µs/cm
Índice de Scott	4,1		2,9		4,5		3,7	
SAR	2,7		4,8		2,5		3,4	
Clasificación	C4-S1		C4-S2		C4-S1		C4-S1	

Muestra núm.	211		212		213		214	
	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l
Residuo seco a 105° C	86,3	2,523	1302,4	37,6,9	1304,4	37,793	115,0	3,432
Cloro (Cl)	12,6	0,448	588,6	20,904	588,7	20,900	22,5	0,800
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,3	0,009	0,3	0,009	0,2	0,006	0,4	0,012
Bicarbonato (CO ₃ H ⁺)	0,8	0,523	2,1	0,128	2,3	0,141	4,3	0,262
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	21,0	1,010	60,4	2,882	21,7	2,963	30,7	1,474
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	25,8	0,383	134,5	1,873	134,5	1,873	34,5	0,488
Sodio (Na ⁺)	17,4	0,409	510,5	11,741	511,2	11,758	22,2	0,511
Calcio	9,2	0,184	32,4	0,648	32,4	0,648	9,2	0,184
Potasio	0,3	0,012	5,8	0,226	5,8	0,226	0,4	0,016
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	3.560	µs/cm	46.250	µs/cm	46.275	µs/cm	5.150	µs/cm
Índice de Scott	4,2		0,09		0,09		2,5	
SAR	4,8		62,4		62,4		5,3	
Clasificación	C4-S2		C4-S4		C4-S4		C4-S2	

Muestra núm.	215		216		217		221	
	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l
Residuo seco a 105° C	97,2	2,602	78,2	2,251	82,7	2,395	76,1	2,261
Cloro (Cl)	16,7	0,593	8,5	0,303	7,1	0,253	11,3	0,404
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,5	0,015	0,4	0,012	0,2	0,006	0,2	0,006
Bicarbonato (CO ₃ H ⁺)	9,7	0,591	11,0	0,671	10,8	0,658	4,8	0,295
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	22,0	1,056	19,6	0,940	23,0	1,104	21,8	1,050
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	31,6	0,254	28,2	0,414	31,1	0,456	26,8	0,391
Sodio (Na ⁺)	16,4	0,377	10,2	0,235	10,2	0,235	10,9	0,251
Calcio	10,4	0,208	9,4	0,188	10,3	0,206	8,7	0,174
Potasio	0,3	0,012	0,3	0,012	0,3	0,012	0,3	0,012
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	4.200	µs/cm	3.080	µs/cm	3.310	µs/cm	3.160	µs/cm
Índice de Scott	3,4		6,4		7,1		5,1	
SAR	4,1		2,7		2,6		3,0	
Clasificación	C4-S2		C4-S1		C4-S1		C4-S1	

Muestra núm.	222		223		224		225	
	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l
Residuo seco a 105° C	125,8	3,769	78,2	2,314	78,6	2,326	119,9	3,607
Cloro (Cl)	22,7	0,866	10,0	0,355	11,2	0,400	29,0	1,029
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,3	0,009	0	0	0,1	0,003	0,3	0,009
Bicarbonato (CO ₃ H ⁺)	3,8	0,231	6,4	0,390	6,5	0,408	1,5	0,091
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	36,7	1,762	23,0	1,104	21,8	1,046	29,6	1,421
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	43,5	0,638	28,3	0,413	27,7	0,413	32,5	0,473
Sodio (Na ⁺)	18,4	0,423	10,2	0,235	10,8	0,248	26,4	0,607
Calcio	14,5	0,290	10,4	0,208	10,1	0,202	10,4	0,208
Potasio	0,4	0,016	0,3	0,012	0,3	0,012	0,6	0,023
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	5.470	µs/cm	3.160	µs/cm	3.210	µs/cm	5.210	µs/cm
Índice de Scott	2,5		5,7		5,1		1,9	
SAR	3,9		2,7		2,9		6,5	
Clasificación	C4-S2		C4-S1		C4-S1		C4-S3	

Muestra núm.	251		252		253		254	
	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l	mqe/l	g/l
Residuo seco a 105° C	137,4	4,129	170,3	4,475	131,8	3,962	19,0	0,537
Cloro (Cl)	31,0	1,102	31,0	1,101	29,1	1,034	4,2	0,150
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0,4	0,012	0,3	0,009	0,6	0,018	0,2	0,006
Bicarbonato (CO ₃ H ⁺)	4,4	0,268	4,7	0,286	5,3	0,323	1,6	0,098
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	33,3	1,598	39,4	1,891	31,3	1,502	3,4	0,163
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	34,2	0,492	44,2	0,620	38,9	0,568	7,0	0,108
Sodio (Na ⁺)	23,7	0,575	30,4	0,699	26,2	0,603	2,5	0,057
Calcio	10,2	0,204	11,2	0,224	12,7	0,254	3,0	0,060
Potasio	0,4	0,016	0,3	0,012	0,4	0,016	0,1	0,004
Boro	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	7.960	µs/cm	6.545	µs/cm	5.740	µs/cm	858	µs/cm
Índice de Scott	1,8		1,8		1,9		13,6	
SAR	8,1		6,5		5,9		1,3	
Clasificación	C4-S3		C4-S3		C4-S3		C4-S1	

Muestra núm.	255	
	mqe/l	g/l
Residuo seco a 105° C	0	0
Cloro (Cl)	57,0	2,025
Carbónico (CO ₃ ²⁻)	0	0
Bicarbonato (CO ₃ H ⁺)	0	0
Sulfúrico (SO ₄ ²⁻)	200,0	9,600
Sodio (Na ⁺)	117,5	1,530
Calcio + magnesio (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	49,0	0,920
Calcio	18,0	0,360
Potasio	1,5	0,058
Boro	0	0
Conductividad eléctrica a 25° C	26.580	µs/cm
Índice de Scott	1,0	
SAR	5,2	
Clasificación	C4-S4	

P. FLOOR (*)

ASTROFILITA, UN MINERAL NUEVO EN ESPAÑA

SUMMARY

An occurrence of astrophyllite, in aegirine -riebeckite- gneises and associated pegmatites, in the Spanish province of Pontevedra is described. Optical and X-ray powder diffraction data are given. The indices of refraction Y and Z are considerably higher than most of those listed in the literature. Redetermination of Y and Z in astrophyllite from Brevik (Norway) and from St. Peter's Dome (Colorado, U. S. A.) led to very similar results. Astrophyllite has not previously been reported from Spain.

INTRODUCCIÓN

Durante unos trabajos de campo realizados en un complejo gneísico de la provincia de Pontevedra, el autor encontró un mineral micáceo que posteriormente se clasificó como astrofilita. Los resultados completos de la investigación petrográfica y mineralógica del área en cuestión, se expondrán en una publicación posterior, pero como es la primera vez que se cita en España el hallazgo de astrofilita, ha parecido conveniente adelantar ahora esta noticia.

La astrofilita fue descubierta en 1844 por P. C. Weibye en la isla de Åven, en el Langesundfjord, al sur de Noruega, pero la describió como una mica parda (Weibye 1849). Scheerer en 1854 descubrió que se trataba de una nueva especie y dio al mineral su actual nombre, en razón de los agregados diales que frecuentemente forma y de su excelente exfoliación.

MARCO GEOLÓGICO

La localidad de este hallazgo se encuentra en las proximidades de Vigo (Fig. 1). Al sur de Vigo, la Sierra de Galíñeiro forma una alineación de cotas, de cotas que no exceden de los 700 metros. Recientemente se ha es-

(*) Department of Petrology, Mineralogy and Crystallography, «Geological Institute», the University of Leyden, Holanda.

tudiado también la pequeña Península de La Guía, que avanza dentro de la Ría de Vigo, y la zona que la une a la Sierra de Galiñeiro. Esta área está comprendida en las Hojas números 223 y 261 del Mapa topográfico a escala 1:50.000, editado por el Instituto Geográfico y Catastral.

Geológicamente forma parte de la extremidad meridional del «complejo antiguo» definido por Parga Pondal (1956). Hacia Levante este com-

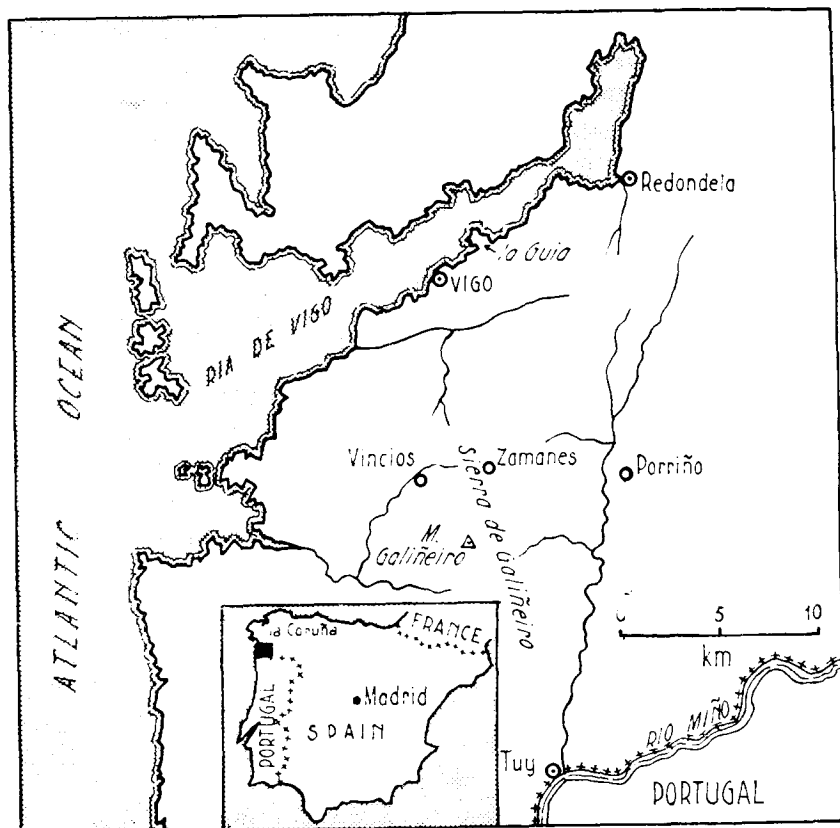


Fig. 1.—Mapa de situación.

plejo de rocas metamórficas tiene intrusiones de un granito porfiroide de biotita (granito de Budiño), y hacia Poniente está bordeado por un grupo de granitos de moscovita-biotita que contienen algunas fajas de pizarra. Aunque por muchos conceptos son similares a las rocas del «Grupo de Lage», unidad reconocida por Parga Pondal (1956) en la provincia de La Coruña, es todavía incierta la correlación de las rocas graníticas de cerca de Vigo con las del grupo de Lage. Parte de esta región está descrita en la explicación de la Hoja núm. 261, Tuy, del Mapa Geológico de España (1953).

Las rocas más salientes de esta parte del complejo antiguo son los gneíses alcalinos. Otras rocas existentes son gneíses de biotita y pizarras con lente-

iones de anfibolita, cortados por diques de pegmatita, que rodean casi constantemente a los gneíses alcalinos. Solamente en dos localidades se ha observado que el gneis alcalino tiene intrusiones de los granitos occidentales.

El complejo alcalino está integrado por:

a) *Gneis de riebeckita.*

Se pueden distinguir muchas variedades: gneis sólo con riebeckita, con riebeckita y biotita, riebeckita y aegirina, aegirina y alguna riebeckita, y finalmente con riebeckita, aegirina y astrofilita. Además, los gneíses se caracterizan por la presencia de grandes cristales de zircón, fluorita, magnetita y en algunos ejemplares posiblemente pirocloro y xenotima. A estos minerales hay que añadir cuarzo, albita y microclino. El contenido de cuarzo es siempre elevado (el análisis petroquímico indica alrededor de 70 por 100 SiO₂). No se ha encontrado una distribución regular en el complejo de los diferentes tipos de gneis de riebeckita. La exfoliación es muy visible en toda la región. La determinación del anfíbol azul, pone de manifiesto la existencia de la variedad osanita de la riebeckita. En las siguientes páginas se emplea la denominación común de gneis de riebeckita para todas las variedades mencionadas antes.

b) *Gneis de biotita.*

Un gneis leucocrático que al examen macroscópico tiene el aspecto del gneis de riebeckita, el cual difiere de los gneíses de biotita, así como de los esquistos de fuera del complejo alcalino en su contenido en microclino.

c) *Gneíses de anfíbol-biotita.*

Son rocas ricas en anfíbol verde (frecuentemente ferrohastingsita), biotita y titanita. Las proporciones de cuarzo y microclino-albita varían notablemente.

La zona más septentrional en que aparece el gneis de riebeckita es la península de La Guía. Desde esta localidad se pueden seguir los gneíses, constituyendo una faja delgada, no mayor de 50 metros, a través del arrabal oriental de Vigo hasta la Sierra de Galiñeiro. Existen fallas que cortan esta faja y la hacen discontinua. En la región de Galiñeiro, al suroeste de Zamanes, el complejo de gneis de riebeckita es mucho más potente (unos 200 metros) y se curva hacia el Este. La parte más oriental es de nuevo más estrecha y termina a dos kilómetros al este de Zamanes. Dentro de las zonas más o menos anulares de gneis de riebeckita, se encuentran gneíses de anfíbol-biotita y gneíses de biotita. Estas rocas no aparecen ya al norte de la carretera Vincios-Zamanes-Porriño.

DESCRIPCIÓN DE LOS EJEMPLARES

La primera roca que contenía astrofilita en esta región se encontró en un collado al sur del monte Galiñeiro, en donde se ve una pegmatita con astrofilita, de 20 centímetros de ancho, que corta a un gneis de riebeckita con astrofilita. La astrofilita en la pegmatita alcanza una longitud de un centímetro,

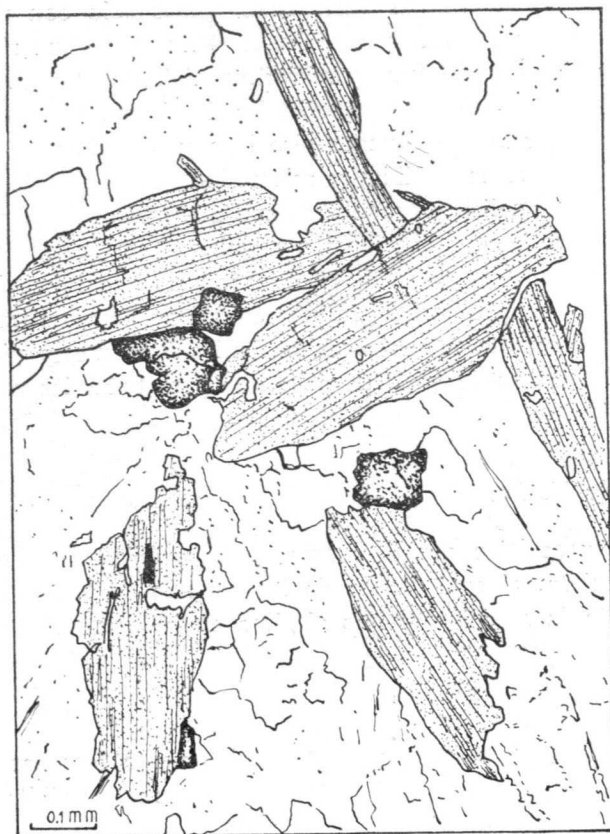


Fig. 2.—Astrofilita y zircón en pegmatita. S. de Galiñeiro.

su anchura es menor de un milímetro y el espesor es todavía menor. Los cristales con frecuencia aparecen un poco recurvados. El mineral en los ejemplares frescos tiene un color pardo oscuro y un brillo submetálico característico. Además de la astrofilita, la pegmatita contiene los siguientes minerales: microclino, albita, cuarzo, zircón y algo de anfíbol verde. La astrofilita aparece englobada entre todos los demás minerales de la roca, pero también se encuentran cristales de zircón englobados en la astrofilita. Es realmente curioso que en algunas láminas delgadas se encuentre el zircón en las proximidades de la astrofilita (fig. 2). En esta pegmatita, la astrofilita se

orienta con sus planos de cruceo sensiblemente perpendiculares a los hastiales del dique.

Una vez que el primer hallazgo hizo fijar la atención en este mineral, volvió a encontrarse en otras muchas localidades. Por ejemplo, aparece al oeste de Zamanes en varias pequeñas canteras de gneis de riebeckita, en don-



Fig. 3.—Astrofilita en gneis, O. de Zamanes. O: osanita; Ae: aegirina; A: astrofilita; Z: zircón; F: fluorita.
Z: zircón; F: florita.

de se ha visto la astrofilita en las pegmatitas, en segregaciones irregulares de cuarzo y en el gneis mismo.

En varios sitios de las canteras se ven vetas de pegmatita de pocos centímetros de anchura, constituidas por feldespato (principalmente microclino) y cuarzo; pero a veces contienen también anfíbol azul (identificado como osanita en lámina delgada), con o sin astrofilita. En estas vetas estrechas, la astrofilita tiene el mismo color y aspecto que en la pegmatita descrita antes, pero el tamaño de los cristales es un poco menor y no se orientan de prefe-

rencia perpendicularmente a los hastiales, sino que frecuentemente son paralelos a ellos o no muestran ninguna orientación preferente.

Algunos ejemplares de rocas de la región contienen suficiente cantidad de astrofilita para poder separar este mineral y efectuar ulteriores investigaciones.

Los constituyentes de este gneis, son por orden decreciente de importancia:



Fig. 4. -Astrofilita en gneis. O. de Zamanes. Manchas oscuras, osanita; manchas claras, aegirina.

albita, cuarzo, microclino, aegirina, fluorita, astrofilita, zircón, magnetita y probablemente xenotima. La estructura laminar se pone de manifiesto principalmente por los minerales oscuros aegirina y osanita. Las laminillas de astrofilita se orientan con frecuencia oblicuamente a estos planos. Los cristales son muy delgados. En el ejemplar aparecen más anchos que los de astrofilita contenidos en las pegmatitas. La relación longitud:anchura es alrededor de 2, mientras que en las pegmatitas llega a 10. Las extremidades de los cristales aparecen a veces como deshilachadas (fig. 4). En este gneis, la astrofilita está englobada con aegirina, osanita, albita, microclino y cuarzo (fig. 3).

Se han seleccionado para su comparación dos ejemplares de las colecciones mineralógicas de Leyden. Uno de ellos proviene de St. Peter's Dome, El Paso, Colorado, U. S. A. y muestra una astrofilita en cristales irregulares curvados hasta de 9 cm. de longitud, 3 cm. de anchura y 0,5 de grosor, embebidos en cuarzo. El color del mineral varía desde el pardo oscuro en las partes frescas, hasta el pardo claro en las partes alteradas (limonitizadas). Otros mineales son microclino-pertita y anfíbol azul. El otro ejemplar es de cerca de Brevik, Langesundfjord, sur de Noruega, y contiene cristales de astrofilita de 3,5 cm. de largo, 1 cm. de ancho y 0,1 cm. de grueso, contenidos en cuarzo. El color es pardo rojizo, un poco más claro que el de la astrofilita de St. Peter's Dome. Todas las astrofilitas mencionadas tienen un plano de crucero perfecto y se pueden distinguir indicios de un segundo crucero menos neto en dirección longitudinal.

PROPIEDADES ÓPTICAS

Las propiedades ópticas se han determinado sobre cuatro astrofilitas diferentes:

- a) De la pegmatita al sur del Monte Galiñeiro, España.
- b) Del gneis de aegirina-osanita del oeste de Zamanes, España.
- c) De Brevik, Noruega.
- d) De St. Peter's Dome, U. S. A.

El material español se ha estudiado en lámina delgada y con métodos de inmersión; los pequeños fragmentos de minerales de América y Noruega e han estudiado sólo por inmersión en líquidos.

Pleocroísmo y orientación óptica

La astrofilita española muestra un pleocroísmo muy pronunciado en secciones perpendiculares al plano de crucero. Estas secciones tienen elongación positiva y casi extinción recta. En el plano de crucero el pleocroísmo es inapreciable, especialmente en fragmentos delgados; hay extinción recta elongación positiva con relación a la traza del segundo crucero. En la figura 5 se representa el aspecto de los cristales y la posición de los ejes de indicatriz; pero no se indica la posición de los ejes cristalográficos, pues existe una considerable confusión a este respecto en la literatura, y además la determinación de la posición de estos ejes es cuestión que se sale del marco de este trabajo.

Pleocroísmo: X (rojo-naranja) > Y (amarillo) \cong Z (amarillo limón),

Y y Z muestran colores pardo-amarillentos en secciones delgadas y fragmentos más gruesos. Las investigaciones realizadas con astrofilita de Brevik y St. Peter's Dome dieron los mismos resultados.

Angulo de los ejes ópticos

Para medir el ángulo de los ejes ópticos con la platina universal, se han empleado placas delgadas de varios ejemplares de gneises de riebeckita con astrofilita y pegmatita con astrofilita. Se ha utilizado luz roja y verde; la primera con un máximo de intensidad de 660 mμ y una variación de 630-730 mμ y la segunda de 515 mμ con una variación 475-550 mμ. Se eligió un filtro verde porque la astrofilita transmite muy mal la luz azul o violeta.

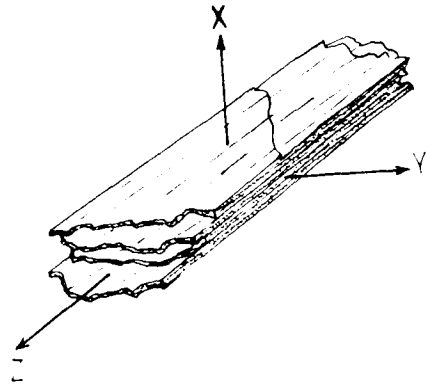


Fig. 5.—Orientación óptica de la astrofilita.

El ángulo de los ejes ópticos de la astrofilita es demasiado abierto para medirlo directamente; así no puede adoptarse el método de un solo eje, determinando V por la posición de un eje óptico y la bisectriz aguda Z por medio de la red de Wulff. El error inherente a este método es el doble del error de la determinación directa de 2V. Los valores utilizados en la construcción estereográfica son, la medida aritmética de 10 lecturas de cada uno de los siguientes vectores: Y, Z y la posición de un eje óptico en el plano de los ejes ópticos. La posición de extinción del eje óptico no está muy clara, especialmente en fragmentos algo gruesos, lo que puede constituir una considerable fuente de error. Por consiguiente, para efectuar las medidas han de elegirse los fragmentos tan finos como sea posible. Como sólo es posible encontrar un número reducido de cristales con orientación favorable, en general no pueden medirse más de cuatro ángulos de ejes ópticos en cada lámina delgada.

C U A D R O I
Ángulos de los ejes ópticos de la astrofilita de la Sierra de Galiñeiro.

	A				B				C				D				E				Media aritmética 2V en pe. gneises	Media aritmética 2V en pe. granates	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1α	1β	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3			4
Luz roja.....	83	83	94	80	86	92	85	91	95	92	88	92	88	88	88	77	68	70	88	77	68	88.4	78.6
Luz verde....	76	76	89	73	80	86	79	87	89	79	80	88	83	83	83	76	64	56	76	64	56	81.9	67.2
Dispersión: 2V _{roja} - 2V _{verde}	7	7	5	7	6	6	6	4	6	13	8	4	5	5	5	14	12	14	12	13	12	6.5	11.4

A — E Representan las láminas delgadas estudiadas. La numeración corresponde a los individuos cristalinios en cada lámina delgada.

A Gneis de aegirina-riebeckita del O. de Zamanes, descrito en el texto.

B Gneis de aegirina-riebeckita del E. de Zamanes.

3α y 3β representan medidas en el mismo cristal. Las posiciones de extinción de Y y Z coinciden; al observar la posición de extinción de los ejes ópticos, pueden distinguirse dos extinciones ligeramente diferentes en distintas partes del cristal, lo que se refleja en los valores consignados en el cuadro.

C Gneis de aegirina-riebeckita del SE. de Zamanes. 1α y 1β son dos medidas en el mismo cristal. Como son las primeras determinaciones de 2V de la astrofilita hechas por el autor, probablemente la diferencia puede ser debida en parte a falta de experiencia en aquel periodo de la investigación.

D Pegmatita con astrofilita del S. de Monte Galiñeiro, descrita en el texto.

E Pegmatita con astrofilita: otra lámina delgada.

Los resultados de estas determinaciones se han reunido en el cuadro I. Los valores diferentes de $2V$ con luz roja y verde, evidencian una dispersión muy fuerte del ángulo de los ejes ópticos. Parece que la astrofilita de la permatita tiene un ángulo de los ejes ópticos más pequeño y una dispersión más fuerte que la de los gneises. Sin embargo, es necesario estudiar más secciones delgadas para deducir el significado de estas desviaciones y establecer el de las diferencias de los ángulos de los ejes ópticos, observadas en diferentes cristales de una sección delgada. König (1877) y Brögger (1878) observaron también una variación del ángulo de los ejes ópticos en las astrofilitas de las localidades que ellos describieron, e incluso Brögger indicó diferentes ángulos de los ejes ópticos en distintas partes de un mismo cristal.

Indices de refracción

Los índices de refracción de las dos muestras de astrofilita española se han determinado por inmersión en líquidos de índice de refracción «Cargille». Las medidas se hicieron a la temperatura ambiente, con luz de sodio, confrontando los índices de refracción de los líquidos con un refractómetro Zeiss-Abbe. Las determinaciones y confrontaciones se repitieron por lo menos una vez. En el cuadro II se han reunido todos los datos relativos a los índices de refracción de la astrofilita, tanto los encontrados en la literatura como los determinados por el autor. La diferencia encontrada entre los índices de refracción de las astrofilitas españolas y la mayoría de las descritas en la literatura, es sorprendente y condujo a determinar de nuevo Y y Z en los ejemplares noruegos y americanos. Los nuevos valores están más en consonancia con los correspondientes a España y Rusia (Semenov, 1956), que con los otros valores recogidos en el cuadro II. La discrepancia entre los dos grupos de valores sobrepasa los límites del error del método de inmersión, y la causa de esta diferencia no se ha podido explicar todavía. Se ha intentado determinar los índices de refracción X, Y, y Z con el «refractómetro de platina universal Leitz»; pero por desgracia los errores en la lectura de este instrumento de la escala de índices de refracción de 1.70 a 1.75 son demasiado grandes para ofrecer mejores resultados que con el método de inmersión sin la platina universal. Por consiguiente, el índice X no puede determinarse directamente, ya que se orienta perpendicularmente al plano perfecto de cruce del mineral.

Ensayos de difracción con rayos X

Como nueva comprobación, se hicieron con polvo pruebas de rayos X, con la radiación de Fe-K α , empleando cámaras de 90 y 114.6 mm. de diámetro. Todos los ensayos acusan sólo muy ligeras diferencias. El cuadro III

CUADRO III

Indices de refracción de la astrofilita.

PROCEDENCIA	X	Y	Z	OBSERVACIONES
Michel Lévy & Lacroix (1888)..... Langesundfjord, Noruega.	1.678	1.703	1.733	
Brögger (1890)..... Eikaholmen, Langesundfjord.	1.678	1.703	1.733	Valores tomados de Michel Lévy & Lacroix.
Tröger (1956).....	1.678	1.703	1.733	Valores probablemente de Michel Lévy & Lacroix.
Winchell (1956).....	1.678	1.703	1.733	Idem.
Billing (1929)..... New Hampshire, U. S. A.		1.711	1.738	
Eskola & Sahama (1930). E. Finlandia.	1.676	1.700 ± 0.003	1.731 ± 0.003	X calculado.
Bonstedt (1934)..... Península de Kola, U. R. S. S.	1.691	1.705	1.738	
Kunitz (1930)..... Naujakasik, Groenlandia		1.702	1.733	
Península de Kola.....		1.705	1.735	
El archipiélago.....		1.704	1.733	
Brevik, Landesundfjord.		1.705	1.737	
Winchell (1956).....	1.740	1.746	1.765	$2V_2$ observado 80° ; pero según la fórmula de Mallard 59° . Se dice tomado de Gossner y Mussnug (1931), cuyo trabajo no trata en absoluto de astrofilita. Probablemente tomado de Kupletsky (1929), quien da estos valores de un mineral con propiedades que difieren parcialmente de las de la astrofilita.
Semenov (1956).....			1.74 —	
Península de Kola.....			1.76	
St. Peter's Dome, U. S. A.		1.719 ± 0.002	1.754 ± 0.002	N. B. La variación ± 0.002 indica los límites de aproximación entre los que se pueden determinar los índices de refracción y no la amplitud de la variación de Y y Z en los individuos cristalinicos de las diferentes muestras.
Brevik, Langesundfjord.		1.719 ± 0.002	1.750 ± 0.002	
En gneis O. de Zamanes.		1.722 ± 0.002	1.757 ± 0.002	
En pegmatite, S. de Mt. Galineiro.....		1.726 ± 0.002	1.758 ± 0.002	

CUADRO III

Datos de Rayos X (método del polvo) de la astrofilita.

A		B		C		D		E	
d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I
10.5	ss	10.4	ss	10.1	ss	10.2	ss		
x 5.8	w/d	x 5.7	ww/d	x 5.6	ww/d	x 5.7	w/d		
4.39	w	4.37	w	4.39	w	4.36	w/d		
x 4.06	ww/d	x 4.06	ww/d	x 4.05	ww/d	x 4.04	ww/d		
3.72	w	4.73	w	3.7	ww/d	3.72	w		
3.51	ss	3.49	ss	3.47	ss	3.47	ss	3.49	10
3.28	ww	3.24	m	x 3.23	ww	3.23	w	3.23	1
x 3.05	ww/d	x 2.99	w/d			x 3.03	w/d	3.03	1
2.87	ww	2.86	w						
2.77	s	2.76	s	2.75	s	2.76	s	2.76	1
2.64	s	2.63	s	x 2.64	w	2.65	w	2.63	10
				2.61	s	2.60	s		
2.56	s	2.56	l	2.54	s	2.55	s	2.59	3
2.47	m	2.46	m	2.46	m	2.47	m	2.47	1
2.38	w	2.38	w	2.37	w	2.38	w	2.38	1
2.28	m	2.29	m	2.27	m	2.29	m	2.29	1
2.22	w	2.22	w	2.23	w	2.21	w	2.22	1
2.10	m	2.10	m	2.09	m	2.09	m	2.10	4
x 2.03	ww	2.03	w	2.03	ww	2.03	ww	2.03	1
x 2.00	ww	x 2.00	ww	2.00	ww	2.00	ww		
x 1.75	w/d	1.75	m/d	x 1.74	m/d	x 1.75	m/d	1.757	4
x 1.72	ww	1.72	w	1.72	w	1.72	w	1.729	3
1.64	w	x 1.64	ww	1.64	m	1.64	m	1.651	2
x 1.62	ww	x 1.62	ww	1.62	w	1.61	w		
x 1.58	ww	x 1.58	ww					1.594	2
x 1.57	w/d	1.57	m	4.56	m/d	x 1.57	m/d	1.576	2
x 1.55	ww	x 1.55	ww	1.55	ww	1.55	ww	1.552	1
		x 1.43	ww	x 1.43	w	x 1.43	w	1.535	2
		x 1.40	ww	x 1.40	w/d	x 1.40	w/d	1.407	1
				x 1.37	ww	x 1.37	ww		
				x 1.35	ww/d	x 1.35	ww		
						x 1.34	ww		
		x 1.34	ww	x 1.31	ww	x 1.31	ww	1.314	1
				x 1.19	ww	x 1.19	ww		
				x 1.15	ww	x 1.15	ww		
				x 1.11	ww	x 1.11	ww		
				x 1.04	ww	x 2.04	ww		
				x 1.03	ww	x 1.03	ww		
				x 1.02	ww	x 1.02	ww		
				x 1.01	ww	x 1.01	ww		

EXPLICACIÓN:

ss muy fuerte.

s fuerte.

m moderado.

w débil.

ww muy débil.

d difuso.

x valor menos seguro, en parte medido directamente con una escama A A.

A. Astrofilita.

B. Astrofilita noruega.

C. Astrofilita en O. de Zamanes.

D. Astrofilita en pegmatita, S. de Monte Galíneiro.

E. Astrofilita, Península de Kola (Semenov, 1956).

reúne las distancias de los planos reticulares, calculadas con las líneas de difracción y sus intensidades juntamente con datos similares tomados de Semenov (1956).

En las muestras españolas la refracción fuerte correspondiente a d : 2.63 Å parece haberse dividido en una raya fina de 2.61-2.65 Å y una raya gruesa de 2.61-2.60 Å. Los ensayos de rayos X del autor concuerdan con el diagrama publicado por Neumann, Sverdrup y Soeb (1957).

CONCLUSIONES

En general, las propiedades de la astrofilita encontrada en España son comparables a las que se dan en la literatura. En la figura 5 se da la orientación de los ejes de la indicatriz en el cristal. El esquema pleocroico es: X (rojo-naranja) > Y (amarillo) > Z (amarillo limón). Se han observado diferentes ángulos de los ejes ópticos en rocas distintas y con luz de diferentes longitudes de onda: $\pm Z V_{\text{rojo}}$ aprox. 88° y $\pm 2V_{\text{verde}}$ aprox. 82° en el gneis; en cambio, en la pegmatita $\pm Z V_{\text{rojo}}$ aprox. 79° y $\pm 2V_{\text{verde}}$ aprox. 67°. En un posterior estudio más profundo se realizarán análisis químicos con el fin de tratar de relacionar el diferente comportamiento óptico con diferencias en la composición química de las dos variedades.

Los índices de refracción Y y Z, son: en el gneis 1.722 y 1.757, y en la pegmatita 1.726 y 1.758. Todas estas cifras con una aproximación de ± 0.002 . Sin embargo, estos valores difieren considerablemente de los datos contenidos en los libros consultados y en los artículos en los que se trata de este mineral, los cuales provienen en parte de un primitivo estudio mineralógico (Michel Lévy y Lacroix, 1888). Las nuevas determinaciones de los índices de refracción de la astrofilita procedente de Noruega y de U. S. A. dan valores casi iguales a los del material español.

Semenov (1956) da una escala de valores de Z medidos en astrofilitas de la Península de Kola (U. R. S. S.), dentro de la cual encajan bien los valores determinados por el autor (cuadro II). No obstante, sería conveniente efectuar una nueva determinación de los índices de refracción de este mineral, procedente de otras localidades.

Las rayas más fuertes de rayos X de las muestras por el método del polvo, son: 10 Å (ss), 3.47 Å (ss) y 2.75 Å (s).

Según todas las referencias obtenidas por el autor, este hallazgo de astrofilita en gneis ácido alcalino es el primero de esta clase que se cita. Este mineral se ha encontrado en granitos alcalinos y en las pegmatitas correspondientes en New Hampshire, Massachusetts y Colorado (U. S. A.) y en Nigeria, Niger, Egipto, Rumanía, Córcega y Noruega. También se ha descrito una astrofilita en un canto rodado de gneis-sienita-nefelina, procedente de Finlandia (Eskola y Sahama, 1930).

BIBLIOGRAFÍA

- BILLINGS, M.: *The petrology of the North Conway quadrangle in the White Mountains of New Hampshire*, «Proc. Am. Acad. Arts & Sciences», 34, pp. 67, 137, 1929.
- BONSTEDT, E.: *Astrophyllit der Chibina Fundren (Halbinsel Kola)*, «Min. Abstr.», 5, página 222, 1934.
- BRÜGGER, W. C.: *Untersuchungen norwegischer Mineralien, 2. Das Krystallsystem de Astrophyllit*, «Zschr. Kryst.», pp. 278-289, 1878.
- —: *Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der sirdnorwegischen Augit- und Nephelin-syenite*, «Zschr. Kryst.», 16, pp. 200-216, 1890.
- ESKOLA, P. & SAHAMA, Th. G.: *On astrophyllite-bearing nephelite syenite gneiss, found as a boulder in Kuitelystaara, E. Finland*, «Bull. com. geol. Finlande», 92, pp. 77-88, 1930.
- GOSSNER, B. & MUSSNUG, F.: *Röntgenographische Untersuchungen an Prehnit und Lauesonit*, «Zbl. Min., Abt. A.», pp. 419-423, 1931.
- KÖNIG, G. A.: *Ueber das Vorkommen von Astrophyllit, Arvedsonit und Zirkon in El Paso Co., Colorado*, «Zschr. Kryst.», 1, pp. 423-433, 1877.
- KUNZT, W.: *Die Rolle des Titans und Zirkoniums in den gesteinsbildenden Silikaten*, «Neues Jb. Min. Abhandl., Beil. Bd.», 79, Abt. A., pp. 429-433, 1936.
- KUPLETZKY, B. M.: *Ein mineral der Astrophyllitgruppe vom Berge Urma-Waraka im zentralen Gebiet der Halbinsel Kola*, «Doklady Akad. Nauk, SSSR, Ser. A.», pp. 343-347, 1929. (Mapa Geológico de España, 1:500.000, con explicación, Hoja num. 261, Tuy, 1955).
- MICHEL LÉVY, A. & LACROIX, A.: *Les minéraux des roches*, «Paris», p. 156, 1888.
- NEUFMANN, H., SVERDRUP, T. & SOEB, P. CHR.: *X-ray powder patterns for mineral identification, III, Silicates*, «Avh. Norske Vid.-Ak. Oslo, I. Mat. - «Naturv. Klasse», número 6, 1957.
- PARGA-PONDAL, I.: *Nota explicativa del Mapa geológico de la parte N. O. de la provincia de La Coruña*, «Leidse Geol. Med.», 2, pp. 468-484, 1956.
- TRÜGER, W. E.: *Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale, Teil I, Bestimmungstabellen*, Stuttgart, 1956.
- SCHNEIDER, Th.: *Titie unknown*, «Berg- und Hüttenm. Zeit.», 13, p. 240, 1854.
- SEMENOV, E. I.: *Kupletzkite, a new mineral of the astrophyllite group*, «Doklady Akad. Nauk, SSSR», 108, pp. 923-926 (Russia), 1956. (abstr. in Am. Miner., 42, pp. 118-119 (1957)).
- WEIBYE, P. CP.: *Zur Kenntniss norwegischer Mineralien*, «Neues Jb. Min.», p. 772, 1849.
- WINCHELL, A. N.: *Elements of optical mineralogy, part II, «Description of minerals»*, New York, 1956.

MANUEL MARIA DE ALVARADO Y ARRILLAGA

FOTOGEOLOGIA

VI. MÉTODO DE TRABAJO Y OBTENCIÓN DEL MAPA FINAL

RESUMEN

Hablamos aquí del método general de trabajo, para obtener un mapa geológico, a partir de fotografías aéreas verticales, dependiendo por supuesto dicho método del equipo que poseamos. Anteriormente, en otros capítulos, hemos tratado de dar a conocer los principios necesarios para la comprensión de éste. Sin embargo, hemos omitido voluntariamente todo lo referente a la interpretación geológica de las fotografías, que será tema del último capítulo.

ABSTRACT

We explain here, the general way of working in order to get a geologic map from aerial vertical photographs, the method depending, of course, on the equipment we have. In the chapters already published we tried to talk about most of the problems necessary for the understanding of this one, except the geologic interpretation of the prints, which will be the subject of the last chapter.

Con motivo de la obtención del mapa final fotogeológico, vamos a dar un vistazo general al procedimiento de trabajo, desde que obran en nuestro poder las fotografías aéreas, y suponiendo poseemos ya un mapa base planimétrico, de cuya realización hablamos en el capítulo anterior.

En la mayoría de los casos, la materia prima de que disponemos para efectuar el estudio, es un conjunto de fotografías aéreas verticales en blanco y negro.

Lo primero que recomendamos, antes de ver estereoscópicamente ninguna fotografía, es hacer un mosaico. Se llama mosaico a «la yuxtaposición de todas las fotografías formando un mapa planimétrico más o menos exacto de la zona».

Mosaico.....	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Sin control.....} \\ \text{Controlados.} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Yuxtaposición simple.} \\ \text{Bordes recortados.} \\ \text{Índice fotográfico.} \end{array} \right.$

Los mosaicos sin control poseen «tilt» o «desvío» y «desplazamiento por relieve», errores que, en los mosaicos controlados, se eliminan. El de yuxtaposición simple se consigue situando las fotografías sobre un gran tablero con ayuda de grapas y cinta adhesiva, de manera que las imágenes comunes de fotografías adyacentes coincidan con los errores menores posibles. Es el más imperfecto de todos los mosaicos, pero creemos que, en general, es el más conveniente para propósitos geológicos, pues sus grandes errores no suelen afectar a esta primera interpretación, basta y a vuelta pluma, para la cual está destinado y, por otra parte, su facilidad y rapidez de ejecución son compensadoras.

En el mosaico de bordes recortados se utiliza únicamente la parte central de las fotografías, separando en los bordes, con cuidado, la emulsión fotográfica del papel a la que va pegado, y así se superponen y se pegan los bordes de fotografías contiguas con muy pequeños errores. Esta labor requiere cierto tiempo y personal adiestrado.

Finalmente, el índice fotográfico suele ser una fotografía de un mosaico de yuxtaposición simple, y como su nombre indica, su valor, más que geológico, porque es demasiado pequeño, es el de índice que nos permite en cualquier momento localizar rápidamente las fotografías de una zona, asunto nada despreciable, pues es mucho el tiempo que se pierde cada vez que para tratar de resolver un problema local, nos lanzamos a buscar las fotografías correspondientes entre los numerosos mo. tones que poseemos.

La interposición sobre el mosaico debe ser la separación de grandes unidades geológicas, y el señalamiento de grandes dispositivos, es decir, se trata de marcar todo fenómeno geológico cuya magnitud rebase con mucho la de un modelo estereoscópico y cuya verdadera importancia no pueda ser comprendida con un par de fotografías. En esta labor no se requiere ninguna exactitud, ya que luego, cuando examinemos las fotografías una a una, será el momento de dibujar con cuidado, y por ello, se puede utilizar un lápiz graso capaz de escribir sobre superficies brillantes, aunque su trazo sea muy grueso. Estos lápices tienen la ventaja de que sus marcas se borran perfectamente con un algodón seco, sin que la fotografía quede dañada lo más mínimo.

En ocasiones, el mosaico es insustituible para la detección de dispositivos geológicos de grandes dimensiones, y siempre es un excelente punto de partida para ir desbrozando el problema geológico de la zona, actuando según el orden lógico, de ir resolviendo dificultades de mayor a menor, y conservando todo el tiempo la idea de conjunto. Recordamos un mosaico formado por cientos de fotografías de un área muy extensa de Alaska, mediante el cual era posible darse cuenta de la existencia de un sistema de drenaje radial de enorme longitud de diámetro.

A continuación, y suponiendo que tenemos una sola serie de fotogra-

fías, como es lo más frecuente, destruimos el mosaico para ir estudiando las fotografías de dos en dos estereoscópicamente. A este propósito, conviene decir, que siempre que peguemos una positiva a una superficie con cinta adhesiva, luego, al despegarla, lo haremos levantando la cinta poco a poco, de dentro a fuera de la fotografía, ya que haciéndolo en sentido inverso probablemente saltará la emulsión.

La esencia de la interpretación geológica será tema del último capítulo: aquí trataremos brevemente de la técnica a seguir.

Una buena iluminación de las fotografías es imprescindible. Las bombillas de filamento de cualquier forma o tamaño no son recomendables, porque emiten bastante calor que arquea las fotografías produciendo distorsiones. La luz del día tampoco es muy apropiada por sus numerosos cambios de intensidad, y porque requiere dar cara a la ventanas y situarse cerca de ellas. La lámpara portátil fluorescente, dotada de varios movimientos, es la ideal.

No debe interpretarse nunca la serie de fotografías en una sola vez, sino, por el contrario, dar dos o tres pasadas, de las cuales, la primera será más bien rápida para no perder la idea de conjunto, resolviendo los problemas fundamentales de la zona y marcando los contactos, fallas, juntas, alineamientos y estructuras más importantes, y después, en la siguiente o en las dos siguientes pasadas, ir afinando todo lo posible, haciendo, además, medidas y señalando rumbos y buzamientos. Somos partidarios de hacer las anotaciones directamente sobre las fotografías sin poner ningún papel encima, pues aún con el mejor de ellos, se pierde bastante claridad en la imagen, y para dichas anotaciones creemos deben utilizarse plumillas finas y tintas de colores para los diferentes fines, como son; contactos, fracturas, alineamientos, rumbos, capas conspicuas, etc. Aunque la fijación de estas tintas al papel fotográfico varía, según la marca, en general se pueden borrar con algodón humedecido en agua al poco tiempo de haber dibujado, y con algodón mojado en alcohol cuando ha transcurrido algo más de tiempo. Jamás debe utilizarse una goma de tinta ni de lápiz en la fotografía.

Como es natural, no es preciso dibujar todas las fotografías para abarcar toda el área, sino solamente en una sí y en otra no; en las pares únicamente, por ejemplo. A veces, es conveniente, para interpretaciones estructurales, observar el relieve invertido, para lo cual basta colocar la fotografía de la derecha a la izquierda y viceversa. El sentido de la inclinación de superficies casi planas se descubre bastante bien con este procedimiento, por ejemplo: el averiguar la dirección del transcurso de las aguas de un gran río.

Si una buena iluminación es indispensable para conseguir una imagen clara, también es importante que los prismas, espejos y lentes del estereoscopio estén lo más limpios posible, y para su limpieza debe usarse pri-

mero, una gasa mojada en alcohol, a continuación, otra empapada en agua para quitar el alcohol y, finalmente, otra para secarlos. Se procurará evitar el empleo de pañuelos y otros tejidos que rayan y dañan gravemente los elementos ópticos del aparato.

Una vez marcada la geología sobre las fotografías y disponiendo de un mapa base planimétrico, se trata de trasladar aquellas anotaciones a este mapa para obtener el mapa final. Hay numerosos procedimientos y aparatos para lograrlo. El mejor método es aquel que, «partiendo de fotografías de mínima escala y utilizando los aparatos menos costosos y perfectos, permite mantenerse dentro de los límites de error tolerados para el mapa final».

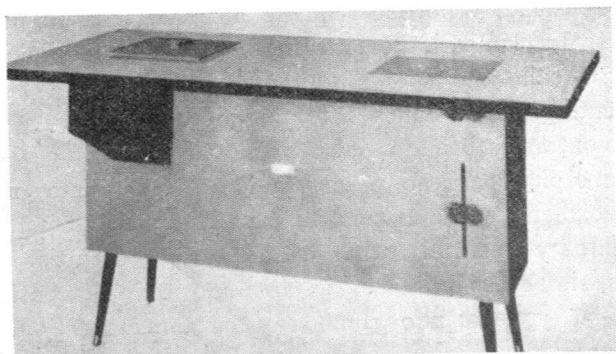


Fig. 34.

Son varios los factores que es preciso tener en cuenta para elegir apropiadamente los aparatos que nos permitan trasladar las anotaciones geológicas de las fotografías al mapa base.

Si la distancia focal de las fotografías de que disponemos no es de 6", no podremos usar los anaglifos como el Multiplex o Ballplex o Kelsh.

Si el relieve relativo del área no es grande, digamos menor de unos 500 ms., es posible usar sencillas máquinas como el Proyector de Reflexión Kail o el Sketchmaster, o un simple proyector vertical, que son instrumentos que no corrigen el desplazamiento por relieve, pero rápidas y de muy fácil manejo.

El proyector de reflexión Kail (fig. 34) se halla sólidamente construido en una mesa, en la parte superior de la cual existen dos rectángulos de cristal. En el de la izquierda, cuyas dimensiones son un poco mayores que una fotografía de 9" x 9", se coloca dicha fotografía o superficie reflectante, que puede ser opaca, y se le pone encima una tapadera especial para que se conserve plana, y en el rectángulo de la derecha se sitúa el mapa base que ha de ser de papel transparente. La manilla que aparece en

la parte de abajo a la derecha permite un aumento o disminución de escala de tres veces.

El Sketchmaster, que actualmente ha caído bastante en desuso, permite al operador ver la imagen de una fotografía superpuesta al mapa base y ajustar la escala de dicha imagen para que los puntos de control de la fotografía coincidan con los del mapa. El «desvío» de la fotografía se puede corregir acortando o alargando alguna de las tres patas que posee el instrumento.

Los proyectores verticales presentan características análogas y, por tanto, ventajas y defectos parecidos.

De esta serie de instrumentos que no corrige el desplazamiento por relieve, nuestras preferencias se dirigen hacia el proyector de reflexión Kail, por creer que es el que da lugar a una imagen más clara.

Si el relieve relativo de la zona es grande, como el «desplazamiento por relieve» en un punto es proporcional a la diferencia de alturas en ese punto y en el centro de la fotografía (ver capítulo IV), las perturbaciones por esta causa serán notables, y no podremos usar instrumentos del tipo de los descritos, que no corrigen este defecto, sino que tendremos que acudir o bien a los anaglifos, o a otros más modestos como el «Kail plotter», el «Mahan plotter», o el «KEK plotter».

El «Kail plotter» ha sido descrito en el capítulo anterior; vamos a ver ahora como se prepara el aparato para pasar las indicaciones geológicas existentes en un par de fotografías al mapa base situado debajo. El primer ajuste a realizar, es aquél, en virtud del cual, logramos que las líneas de color que hay en los brazos giratorios de plástico sean capaces de superponerse, exactamente y al mismo tiempo, sobre la recta que une los centros de las dos plataformas circulares metálicas. A continuación, movemos los dos espejos grandes hasta que formen un ángulo de 45° con un plano horizontal. Después, por medio de unos tornillos, actuamos sobre los espejos pequeños, colocados debajo de los lentes, de manera que los pinchos situados en los centros de las plataformas y las líneas de color de los brazos de plástico sean vistos sobre una misma recta, estando dichos pinchos igualmente separados de los bordes del rectángulo de visión estereoscópica. La situación será, por tanto, como indica la figura 35, en la cual A y A' son los dos pinchos, y las líneas coloreadas quedan superpuestas a la recta A A'. Este ajuste depende de la visión de cada operador.

Ahora colocamos cada una de las dos fotografías del par estereoscópico sobre cada una de las dos plataformas metálicas del instrumento, clavándolas en su punto central con los pinchos. Cortamos las esquinas de las fotografías para que puedan girar libremente alrededor de su centro, y hacemos que los centros conjugados o transferidos (ver capítulo II) estén sobre la recta que une los centros verdaderos. En este momento fijamos

las fotografías a las plataformas metálicas con cinta adhesiva, y ya sólo queda situar el instrumento sobre el mapa base.

Para poner el «Kail plotter» sobre el mapa base en posición correcta, no es preciso ceñirse a ninguna regla, sino seguir un simple proceso de aproximación. Para ello tomamos en consideración únicamente tres o cuatro puntos de control en cada modelo estereoscópico. Estos puntos estarán lo más alejados entre sí que se pueda, formando los vértices de un triángulo o cuadrilátero de lados no muy diferentes, y moviendo el aparato varias veces, trataremos de conseguir que, cuando las líneas coloreadas se cruzan sobre un punto de control de las fotografías, el lápiz caiga, con el menor error posible, sobre el mismo punto de control del mapa base. Frecuentemente, es necesario modificar la escala, parte de lo cual puede ser hecho,

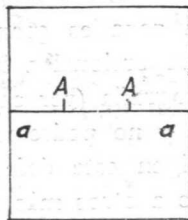


Fig. 35.

aproximadamente, de antemano, si observamos estereoscópicamente que la altitud del terreno ha variado sensiblemente con respecto al modelo anterior.

Una vez todo preparado, sólo queda mirar estereoscópicamente y, obligando a que las líneas coloreadas se corten sobre el contorno geológico que queremos dibujar, ir marcando con el lápiz sobre el mapa base. En la parte central del modelo es imposible trabajar, porque el ángulo de intersección se aproxima a los 180° , de modo que, o bien pasamos a ojo la geología de esa zona, o seguimos el siguiente procedimiento para trasladar los centros de radiación:

- 1.º Colocar los brazos de plástico sobre las rectas rayadas sobre las plataformas metálicas y perpendiculares a la que une los centros.
- 2.º Quitar los pinchos e introducirlos de nuevo, atravesando las fotografías en un segundo agujero que tienen los brazos de plástico, correspondiente a otro segundo agujero de las plataformas metálicas.
- 3.º Sacar los pinchos y deslizar las plataformas metálicas hacia el operador, aflojando los tornillos correspondientes.
- 4.º Colocar los pinchos en los nuevos agujeros.
- 5.º Correr el lápiz a lo largo de la ranura correspondiente hacia afuera del operador.

Hemos de darnos cuenta de que cualquier objeto o dimensión vertical

es radial desde el punto central de cada fotografía, y que si el punto de radiación no es el verdadero centro, cada objeto vertical, en vez de venir representado planimétricamente por un sólo punto, tendrá una doble representación y, en consecuencia, estamos cometiendo un considerable error.

Como es lógico, debemos dibujar solamente en el «modelo nítido» (ver capítulo II).

Cuando se usa este aparato, que verdaderamente no es muy preciso, no tiene sentido esmerarse demasiado al hacer las anotaciones geológicas sobre las fotografías, dibujando con gran exactitud y usando, por ejemplo, el gran aumento de un estereoscopio Ryker o Old Delft. Se ha tratado de colocar lentes de amplificación sobre los brazos de plástico del

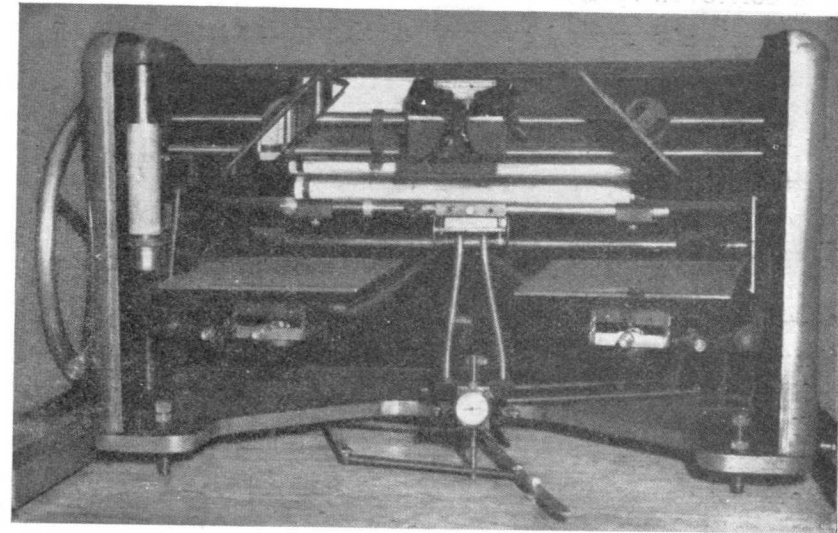


Fig. 36.

Kail plotter, pero los resultados no fueron satisfactorios, pues, la pérdida de luz que ello ocasionaba, hacía muy difícil la, ya de por sí, poca clarificación de las líneas de color sobre los brazos de plástico. Dichas líneas suelen ser de colores amarillo y rojo; el primero es mejor cuando se trabaja sobre áreas oscuras, y el segundo sobre áreas claras. Resumiendo, diremos que para lograr aceptables resultados con este instrumento, es necesario tener cierta práctica, y dibujar con mucho cuidado, buena iluminación, y lentes y espejos muy limpios.

Si el «desvío» (ver capítulo II) de las fotografías, es considerable, como el Kail plotter no lo corrige, tenemos que ir a aparatos más perfectos y costosos como el Mahan plotter o el KEK plotter. Por esta misma razón, aunque se trate de fotografías con un desvío normal, no debemos usar el

Kail plotter, si la escala del mapa base es mayor que la de las fotografías; por eso veíamos que el pantógrafo del Kail plotter sólo permitía ampliar la escala 1/4. Aunque la escala del mapa base sea menor que la de las fotografías, si por necesidades de publicación, o por otra causa, no se reduce la escala final de presentación, por los menos en 1/3, tampoco debe emplearse el Kail plotter.

El KEK plotter (fig. 36) es un instrumento basado en el principio de los anaglifos, es decir, para marcar un punto hay que obligar a un punto luminoso a posarse en el terreno en dicho punto, para lo cual, es preciso mover verticalmente las plataformas metálicas en las que se colocan las fotografías. Este desplazamiento vertical puede ser leído en un contador. Para hacer una corrección aproximada del desvío, las plataformas metálicas pue-

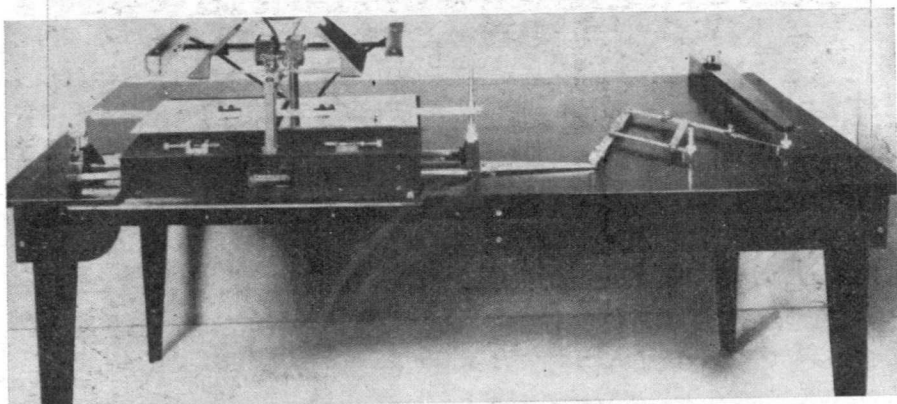


Fig. 37.

den inclinarse; sin embargo, el aparato no es tan perfecto como los anaglifos propiamente dichos, no teniendo, por ejemplo, dispositivo alguno para corregir la distorsión de la lente.

El Mahan plotter (fig. 37) presenta un modo operatorio y una finalidad completamente análogos a los del anterior. Lo que se mueve verticalmente en este caso son los discos conteniendo la mancha luminosa, en vez de las plataformas sobre las que van las fotografías. Tampoco presenta disposición para corregir la distorsión de la lente, pero tiene la ventaja de admitir fotografías cuya distancia focal varíe de 8 1/4 a 12 pulgadas. Fue construido por R. O. Mahan el año 1942.

Si la identificación de los dispositivos geológicos sobre las fotografías, es fácil, y es el mismo geólogo el encargado de la operación, es posible hacer con un anaglifo (Kelsh, ER-55, o Multiplex), un mapa final a partir de diapositivas sin marcar. Las fotografías anotadas pueden servir de guía para la realización del mapa, y el procedimiento es especialmente aconseja-

ble cuando la existencia de ciertas circunstancias, como presencia de desvío en las fotografías, necesidad de ampliar la escala, etc., impidan el empleo de otros aparatos más modestos, y, sobre todo, cuando el geólogo-operador tenga el propósito de aprovechar esta operación para modificar o completar sus ideas y anotaciones.

Hasta aquí, y excepto en el último caso, hemos supuesto que la materia prima disponible eran únicamente las fotografías normales verticales de di-

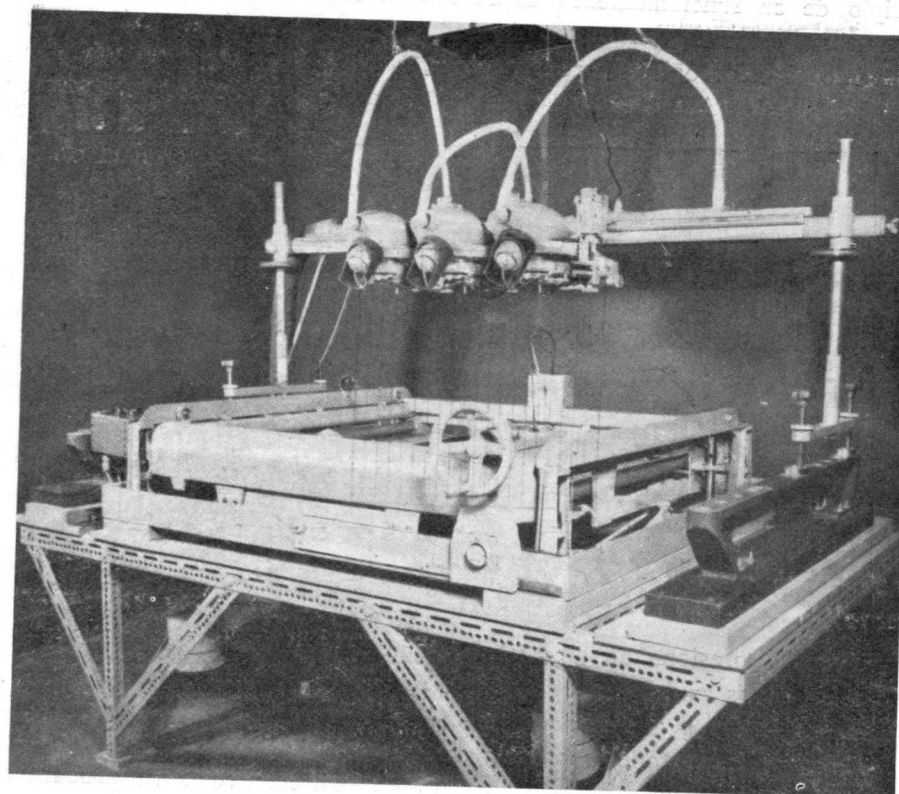


Fig. 38.

mensiones 9" x 9". Disponiendo de las diapositivas necesarias, y pudiendo utilizar anaglifos, no cabe duda que es la mejor solución. Vamos a tratar ahora de algún caso especial.

Sobre las fotografías corrientes, podemos construir una retícula, más o menos espaciada, según el grado de seguridad que persigamos, y trasladar dicha retícula, por medio de un aparato anaglifo o de otra clase, al mapa base. Ya por el hecho de corregir únicamente el desplazamiento por relieve, la red, formada por líneas rectas en las fotografías, se transformará en otra compuesta por líneas curvas en el mapa base. El paso de las anotacio-

nes geológicas de las fotografías reticuladas al mapa reticulado se puede llevar a cabo a ojo, por simple comparación de las cuadrículas.

Verdaderamente interesantes son las ortofotografías, que son fotografías corregidas de desplazamiento por relieve y de desvío, pudiendo, por tanto ser utilizadas como verdaderos mapas planimétricos de la zona. Su obtención se realiza a partir de fotografías normales, mediante un instrumento llamado ortofotoscopio (fig. 38), construido por R. K. Bean en 1957. El principio de su funcionamiento es realmente ingenioso. Esencialmente es un anaglifo, creando, por medio de dos proyectores de luces roja y azul, un modelo estereoscópico sobre una mesa, pero, y aquí está el fundamento, existe una ranura A B (fig. 39), a través de la cual, pasan los rayos de los

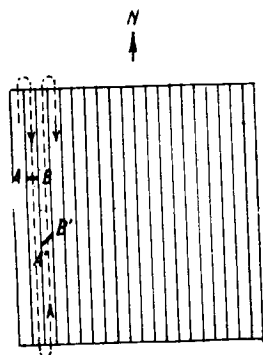


Fig. 39.

proyectores impresionando una película que hay debajo. Esta película, sensible a los rayos azules, no es afectada por los rojos. La ranura o ventana A B, como indica la fig. 39, está dotada de un movimiento, en virtud del cual, va recorriendo todo el modelo de N a S y de S a N en bandas estrechas paralelas. El operador, por medio de una manivela, va procurando que en todo momento la ventana A B se pose sobre el terreno, con lo cual va modificando la escala de la proyección final sobre la película que hay debajo, proporcionalmente a la altura del terreno en cada punto, de modo, que si la ranura fuera infinitamente pequeña, reduciríamos las infinitas escalas de la fotografía a una sola, obteniendo un mapa planimétrico verdadero y perfecto.

Si el rumbo medio de las laderas no es E-O, puede girarse la ranura a una nueva posición A' B' (fig. 39), que representa mejor dicho rumbo medio, sin que por ello varíe la anchura de la banda que recorre.

Para manejar el ortofotoscopio se requiere experiencia y gran cuidado, pues una vez en marcha no se puede parar, y los errores quedan.

Sobre las ortofotografías se pueden trazar líneas de nivel con un anaglifo y obtener un buen mapa topográfico.

Una ortofotografía puede constituir con otra fotografía normal un par estereoscópico, aunque el modelo producido no es la representación estereoscópica verdadera del terreno; por ejemplo, el relieve aparente disminuye hacia el centro de la fotografía normal. Sin embargo, se pueden hacer anotaciones geológicas sobre las ortofotografías y después trasladarlas a un mapa con un proyector simple, o bien se puede dibujar sobre las fotografías normales, pasar luego a ojo, por comparación, a las ortofotografías, y, finalmente, con un proyector, a un mapa.

En muchos aspectos, la ortofotografía es insuperable: representa, lo que pudiéramos llamar la victoria final de los métodos fotográficos sobre los empleados antiguamente. El fenómeno del «desplazamiento por relieve», que se introduce deliberadamente en las fotografías perspectivas, para poder obtener en el laboratorio modelos en relieve del terreno, es ahora suprimido, también a voluntad, cuando ya no nos interesa dicha visión estereoscópica, y queremos lograr un verdadero mapa planimétrico. En este aspecto, de mapa planimétrico, es inmejorable, pues aúna las ventajas de un buen plano con la fácil identificación de dispositivos morfológicos que proporciona una fotografía. Creemos que el desarrollo y perfeccionamiento de las ortofotografías producirá la desaparición de otras técnicas, como es la de la construcción de mapas sombreados, los cuales se hacen, a partir de un mapa planimétrico y a la vista de las fotografías, tratando de imitar el aspecto de estas últimas, dando sombras mediante rayados.

Con el tiempo no habrá terreno en el que los métodos fotográficos no sustituyan a los clásicos topográficos antiguos. No se crea que cuando se trate de una labor de detalle, aún es preciso recurrir al equipo de topógrafos de campo con teodolitos y miras. En la División de topografía del Servicio Geológico de los Estados Unidos hemos visto mapas obtenidos a partir de fotografías realizadas en un vuelo de muy poca altura, con curvas de nivel cada medio metro.

Como hemos visto, existen muchos factores, que hay que tener en cuenta a la vez, para elegir apropiadamente los aparatos ópticos o fotogramétricos que debemos usar para interpretar geológicamente las fotografías, y para conseguir el mapa final. Aquello que decíamos, al principio del capítulo, de que el mejor método era aquel que, partiendo de fotografías de mínima escala, y utilizando los aparatos menos costosos y perfectos, permite mantenerse dentro del límite de error tolerado para el mapa final, es puramente teórico, y numerosas circunstancias pueden modificarlo. Por ejemplo, la rapidez del Kail plotter es muy digna de tenerse en cuenta cuando haya prisa en el trabajo. Cuando se disponga de anaglifos, lo lógico es usarlos, aunque fuera suficiente otro aparato más sencillo, etc. En general, los

operadores suelen tener preferencias muy marcadas por ciertos aparatos, con los que suelen trabajar, ignorando el manejo de los demás, y siendo muy refractarios a su empleo. En este caso, y aunque dichas preferencias sean infundadas, es preciso sopesar hasta qué punto las ventajas del nuevo método y de los nuevos aparatos, compensan la falta de experiencia del individuo.

Si el fotogeólogo no es requerido por otras misiones específicamente suyas, y en las cuales es insustituible, como son la geología de campo o la interpretación geológica de las fotografías, nadie mejor que él, a poco conocimiento que tenga de los instrumentos fotogramétricos, para realizar esta tarea de obtener el mapa final. Por sus recorridos de campo y por su detallada inspección fotográfica, conoce perfectamente la morfología de la zona, lo cual es muy importante para la identificación rápida de las fotografías. La interpretación de las anotaciones geológicas no le ofrecerá dificultades, pues dichas anotaciones fueron hechas por él mismo. Cualquier error importante u olvido de consideración, será fácilmente detectado por su mente de geólogo. Y, finalmente, los objetivos finales de escala y presentación del mapa final, estarán presentes en su imaginación al realizar el trabajo.

Con esto, terminamos todo lo que, referente a técnicas fotogramétricas, entendemos que debe ser conocido por el fotogeólogo para cumplir debidamente su misión. Queremos recomendar al lector que fije su atención, más que en las características de los instrumentos, en constante evolución, y cuya descripción detallada puede encontrarse en catálogos, en los principios fundamentales de su funcionamiento, que son mucho más inmutables y aplicables a cierto número de aparatos de distinto tipo.

HANS SCHNEIDERHOEHN

CLASIFICACION GENETICA DE LOS YACIMIENTOS SOBRE UNA BASE GEOTECTONICA (1)

RESUMEN

El autor, después de revisar el estado actual de la clasificación genética de yacimientos según las ideas de Niggli, Lindgren, etc., establece una nueva, basada en la presión temperatura, la diferenciación compleja por gravitación, la liberación gradual de los constituyentes volátiles, así como en el esquema geotectónico de Stille, coordinando las relaciones entre los procesos magmáticos y geotectónicos en cuanto a la formación de yacimientos.

Al analizar los yacimientos de las coberturas no plegadas, mineralizaciones alpinas, establece el concepto de «regeneración» o removilización, a partir de los orógenos primarios que han dado metales, para definir los yacimientos hidrotermales secundarios o pseudo-hidrotermales, que también sitúa en las series metamórficas. Estos yacimientos son también llamados «regenerados».

Así clasifica los yacimientos en: a) Yacimientos de la serie normal en un orógeno antiguo, b) Yacimientos regenerados, bien lo sean epirogénicamente en una serie no plegada, o regenerados de tipo alpino en los orógenos recientes, y c) Yacimientos de origen metamórfico en los viejos escudos precámbricos.

Estudia los caracteres distintivos de cada uno de estos grupos, deteniéndose especialmente en los de los Alpes, para probar la utilidad práctica de esta clasificación, ocupándose de la serie normal de los yacimientos magmáticos, del orógeno varisco y sus yacimientos como el principal que aporta metales, del orógeno antiguo, nevado-laramáico, pasando posteriormente a analizar, con más detalle, los yacimientos regenerados. Aquí define, además de los hidrotermales secundarios, los yacimientos en los orógenos con magmatismo sinorogénico atenuado y sin volcanismo subsecuente y con magmatismo sinorogénico más acentuado y volcanismo subsecuente, estableciendo la facilidad de reacción de los yacimientos antiguos frente a una regeneración reciente.

Para establecer estas distinciones tiene en cuenta los caracteres geoquímicos, la consanguinidad establecida por el comportamiento de una serie de metales frente a las movilizaciones tectónicas, etc.

Tras de exponer los caracteres genéticos diferenciales de los yacimientos de origen metamórfico en los viejos escudos antes de la «bloqueo» Algonkiense, hace un análisis

(1) Traducción por el Dr. Enrique Ramírez del trabajo titulado: *Genetische Lagerstätten-Entstehung auf Geotektonischer Grundlage*, publicado en la revista «Neues Jb. Mineral. Mh.», 23, 1952.

retrospectivo sobre ideas y teorías análogas anteriormente emitidas. Una copiosa bibliografía va al final del trabajo, al que acompañan diferentes esquemas tectónicos y genéticos.

ABSTRACT

The author, after revising the present state of the genetic system of deposits, according to the ideas of Niggly, Lindgren, etc., appoints a new one based on pressure, temperature, the complex differentiation by gravitation, the gradual delivery of the volatile constituents, as in the geotectonic scheme of Stille, coordinating the relations among the magmatic and geotectonic actions about the formation of deposits.

On studying the deposits of covers not folded, alpine mineralizations, appoints the idea of «regeneration» or removing, beginning at the first orogenesis which have given metals, to define the secondary hydrothermal deposits or pseudo hydrothermal which also places in the metamorphic series. These deposits are also called «regenerated».

The deposits are distributed as follows: a) Deposits of the normal series in an old orogenesis, b) Regenerated deposits epigenetically in a not folded series or regenerated of the Alpine type in recent orogenesis and c) Deposits of metamorphic origin in old Precambrian.

The different circumstances of these groups are studied, specially those of the Alpine group to show the usefulness of this distribution, studying the normal series of the magmatic deposits, the orogenesis and its deposits and after the regenerated deposits with more details. Here are also defined the secondary hydrothermal, the deposits in the orogenesis with alternate synorogenic magmatism and therefore without vulcanism and with synorogenic magmatism more exaggerated and subsequent vulcanism, establishing the facility of reaction of the old deposits before a recent regeneration.

To establish these differences the geochemic circumstances have been taken into account, the kindred established by the structure of a series of ores during the tectonic action, etc.

After showing the different genetic types of the metamorphic deposits in old fields before the Aiguakiensis slip we make a retrospective exposition about similar ideas and theories previously emitted. A large bibliography is at the end of the work with different tectonic and genetic plans.

NOTA DEL TRADUCTOR

El gran interés que para la minería y la geología española tiene el presente trabajo, nos ha movido a efectuar la traducción contando con la amable autorización del profesor Schneiderhoehn.

Sin duda, las ideas del autor sobre yacimientos regenerados son de gran aplicación para explicar la génesis de muchos yacimientos, especialmente los de la cobertura alpina, de los cuales tenemos buenos ejemplos en la Península y para los que, hasta ahora, aquí pocas interpretaciones se habían hecho que aclarasen una serie de cuestiones, muchas de ellas de carácter económico, que están planteadas.

Es bien sabido que encontrar una clasificación de yacimientos que satisfaga plenamente es empresa, hoy por hoy, poco menos que imposible, porque

han de tenerse en cuenta una serie de caracteres cuya jerarquización es realmente difícil. Ello explica las numerosas intentonas hechas al respecto.

De lo que no hay duda es que una clasificación en la cual se tenga en cuenta, como rasgo de gran importancia, la geotectónica, es de un gran interés.

No se puede negar que toda orogénesis supone una movilización a gran escala, diríamos a escala planetaria, de una parte de la litosfera, y esta movilización es condición necesaria para que se produzca una concentración de elementos que, en definitiva, es lo que constituye un yacimiento.

El carácter ecléctico de la exposición del profesor Schneiderhoehn supone un gran esfuerzo aun admitiendo, como salta claramente a la vista, que sus ideas son en gran parte originales.

Abordando el problema de las mineralizaciones en los Alpes, problema que se extiende a otras muchas áreas alpinas de Europa y Eurasia, se pone de manifiesto y se confirma la idea, ya anteriormente expuesta, de la ausencia de «una venida metalífera» en la orogénesis alpina, hecho en contradicción con los numerosos yacimientos americanos que corresponden al Terciario.

Define el autor, de manera bastante precisa, lo que constituyen los yacimientos hidrotermales, si bien quedan algunos puntos que son de difícil aclaración, ya que los problemas que se plantean son de gran envergadura. Puede que la Geoquímica contribuya a resolver algunas de estas cuestiones.

La idea magmatista predomina en la mente del autor, para el que toda otra teoría sobre formación de yacimientos que no sea la que va ligada estrechamente al plutonismo o sus fenómenos derivados, hidrotermalismo, no tiene fácil explicación.

La removilización de yacimientos anteriormente formados es un hecho difícil de rechazar y, por otra parte, se explican así, cómoda y satisfactoriamente, algunos tipos de yacimientos que hasta ahora eran difíciles de interpretar.

Queremos expresar aquí nuestro agradecimiento al profesor Schneiderhoehn por su espontaneidad al permitirnos efectuar esta traducción, que no dudamos será de utilidad para los geólogos e ingenieros que se ocupan de estos problemas.

APARTADO PRELIMINAR

Lo que sigue ha sido expuesto durante una conferencia de varias horas en la Sección de Minerología y Geología de la Sociedad de Historia Natural de Carintia, en Klagenfurt, el 3 de noviembre de 1951, delante de un gran auditorio de sabios y de mineros italianos. Ella fué seguida de una larga discusión que tuvo lugar en el curso de una excursión común de ocho días a los yacimientos de Knappenberg, Hüttenbrg, Radntheim y Mitterberg. A

esta excursión asistieron, en particular, M. Angel, Clar, Di Colbertaldo, Friedrich, Kahler, Lob, Maczek, Matz, Maixnes, Petrascheksen, Tauesh, Trojer y Tschernig. Ellos contribuyeron a reunir en estos yacimientos numerosos argumentos favorables a mi nueva hipótesis. Con su permiso amistoso, yo los utilizaré en lo que va a seguir. Desearía agradecer cordialmente aquí a todos estos señores, lo mismo que a la «Naturwissenschaftlichen» Verein für Kärnten» (la Sociedad de Historia Natural de Carinthia), en Klagenfur, y los directores de la «Bleiberger Bergwerka Union» (Unión minera del Bleiberg), de l'Oesterreichsth Alpinien Montangesellschaft» (Compañía Minera de los Alpes Austriacos), en Knappenberg, en l'Oesterreichisch amerikanischen Magnetitgesellschaft (Compañía Austroamericana de magnetita), en Radenthein, y de la Mitterberger Kupfergesellschaft (Compañía del Cobre de Mitterberg).

PRIMERA PARTE

ESTADO ACTUAL DE LA CLASIFICACIÓN GENÉTICA DE LOS YACIMIENTOS

I.—Sistemática

Desde hace veinticinco años, en Europa Occidental, se ha utilizado cada vez más una clasificación genética de los yacimientos magmáticos, que fue establecida bajo su forma teórica por P. Niggli (34) en 1920 y cuya aplica-

YACIMIENTOS VOLCANICOS Y SUBVOLCANICOS		YACIMIENTOS PLUTONICOS.											
YACIMIENTOS DE ROCAS DE EFUSION Y "EXHALATIVAS"	YACIMIENTOS SUBVOLCANICOS	ROCA ERUPTIVAS SUBVOLCANICAS	ROCA PROFUNDAS	NIVELES DE LOS YACIMIENTOS POR SU SITUACION CON RELACION A UN BATOLITO		NOMENCLATURA DE LOS YACIMIENTOS SEGUN SU RELACIONAMIENTO DEL MAGMA ORIGEN		PROFUNDIDAD DE FORMACION		TEMP. DE FORMACION		GRUPOS DE YACIMIENTOS	
				CRIPTO	BATOLITICO	TELEMAGMATICO	KRIPOMAGMATICO	APOMAGMATICO	PERI-MAGMATICO	INTRA-MAGMATICO	MEDIA m.		EXT. m.
								0-300	100°			ANOTALMAL	
								1000	300	200°			EPITERMAL HIDRO-
								1300	1000	200°			MESOTERMAL
								2000	4000	300°			TERMAL
								1000	4000	350°-450°			CALATERMAL
								3000	1000	450°-550°			NEUMATOLITICO
								10000	1000	500°-600°			PEGMATITICO
								4000	10000	600°			LIQUIDO-MAGMATICO
								5000	1000	700°			GRANITO Y OTROS
								6000	10000	800°			ROCAS DE PROFUNDIDAD

Fig. 1.—Esquema de la clasificación de los yacimientos magmáticos.

(Extraído de H. Schneiderhöhn, Erzlagertatten, 2. Aufl 1949, con la aprobación amistosa de las ediciones Piscator Stuttgart).

ción, basada sobre numerosos estudios de yacimientos, fue llevada y completada por P. Niggli (35-7) y yo mismo (44-48 52). Los trazos importantes de esta clasificación habían ya sido establecidos hacia largo tiempo, en 1906, por el metalogenista («Lagerstaettenforscher» palabra a palabra, este que estudia los yacimientos) W. Lindgren, y fueron completados en cada una de las cuatro ediciones de su célebre tratado (30). Desde 1930, sin embargo, no ha tenido un gran desenvolvimiento en el mismo sentido en los Estados Unidos. Asimismo, el sistema de Nigli (y el mio) no han encontrado en los Estados Unidos mucha simpatía. En general no existe clasificación genética rigurosa en los tratados recientes aparecidos en los Estados Unidos (Cf. A. Bateman (4a).

El cuadro I nos da un aspecto de nuestro sistema, que es el más corrientemente utilizado en Europa bajo su forma más reciente (1944); la figura 1 muestra las relaciones magmáticas y las condiciones de presión y de temperatura sobre las cuales descansan.

Este sistema está entonces basado, en su conjunto, sobre condiciones de presión y de temperatura, como ya lo había sugerido Lindgren hace cuarenta y cinco años. Los principios efectivos son: la diferenciación compleja por gravitación y la liberación gradual de los elementos constitutivos volátiles. En la práctica, este sistema se encuentra cada vez más confirmado en numerosos casos, tanto para los yacimientos aislados, como para las grandes provincias metalogénicas («Lagerstaettenprovinzen» provincias de yacimientos) enteras.

CUADRO PRIMERO

Resumen de la clasificación de los yacimientos del cortejo magmático (según H. SCHNEIDERHOEHN, 1944-52).

I. Primer gran grupo magmático: Rocas intrusivas y yacimientos magmáticos líquidos.

- 1) Rocas intrusivas básicas y ultrabásicas.
- 2) Cromita ...
- 3) Diamante ...
- 4) Platino metálico ...
- 5) Magnetita titanífera e ilmenita.
- 6) Pírrrotina níquelífera y calcopirita (de rocas básicas).
- 7) Pírrritas platiníferas.
- 8) Rocas intrusivas intermedias ácidas e hiperácidas.

I II Grupos intermedios entre I y II: Yacimientos de paso magmáticos líquidos a neumatolíticos.

- 1) Yacimientos de platino y de cromita autohidratada.
- 2) Yacimientos de rutilo y de magnetita titanífera autohidratada.
- 3) Yacimientos de pírrrotina níquelífera autohidratada.
- 4) Yacimientos intrusivos de apatito y de melilina.

II Segundo gran grupo magmático: *Yacimientos neumatolíticos magmáticos.*

- 1) Filones pegmatíticos, de paso y zonas pegmatíticas.
- 2) Formaciones de estaño, wolframio y molibdeno.
- 3) Formaciones de turmalina llevando oro, cobre, plomo, plata, bismuto etc.
- 4) Formaciones neumatolíticas de contacto con estaño, wolframio y molibdeno.
- 5) Formaciones neumatolíticas de contacto con hierro y manganeso.
- 6) Formaciones neumatolíticas de contacto con oro, cobre, plomo, plata, cobalto, cinc.
- 7) Otras formaciones neumatolíticas de contacto.

II-III. Grupos intermedios entre II y III: *Yacimientos de paso hidrotermal a neumatolítico.*

III. Tercer gran grupo magmático: *Yacimientos hidrotermales.*

- 1) Formaciones con oro y con oro y plata.
- 2) Formaciones con pirita y con cobre.
- 3) Formaciones con plomo, plata y cinc.
- 4) Formaciones con plata, cobalto, níquel, bismuto y uranio.
- 5) Formaciones con estaño, wolframio, plata, bismuto.
- 6) Formaciones con antimonio, mercurio, arsénico, selenio.
- 7) Formaciones oxidadas con hierro, manganeso, magnesio.
- 8) Formaciones con fluorina, baritina, wüsterita y cuarzo.

IV. Cuarto gran grupo magmático: *Rocas de efusión y yacimientos de emanaciones.*

- 1) Rocas de efusión.
- 2) Depósito de fumarolas y de solfataras.

Suplemento: Menas de hierro submarino de origen volcánico, hidrotermal sedimentario

2.—*Relación de la clasificación p. 1. con la geotectónica*

En otro orden de ideas, este sistema está de acuerdo igualmente con el esquema geotectónico de M. Stille (58-64). En mis «Kerzvorlesungen Über Erzlagertstätten» (exposición rápida sobre los yacimientos minerales), en 1944, he intentado, por primera vez, la coordinación entre los procesos magmáticos y geotectónicos en relación con la formación de yacimientos.

Durante la formación de un geosinclinal, sólo los yacimientos de origen secundario se forman: placeres, yacimientos conglomeráticos, yacimientos de residuos continentales, yacimientos de lixiviación: sales, carbones y rocas madres del petróleo. Cuando la parte más profunda del geosinclinal llega a la vecindad de la zona símica en fusión, los magmas básicos del («initialen Magmatismus») magmatismo inicial, se elevan ya y constituyen efusiones submarinas con cuerpos intrusivos superficiales subordinados. En relación con ellos, se encuentran la hematites de emanación submarina de los esquistos silíceos y también depósitos de pirita marinas singenéticas. Des-

pues vienen el plegamiento y la orogénesis, a los cuales está ligada la intrusión de potentes masas magmáticas. Estas se diferencian rápidamente en precursores preorogénicos ultrabásicos, en gabros sinorogénicos, después en masa principal de granodioritas y granitos generalmente postorogénicos.

Es a este magmatismo sinorogénico al que está ligado el mayor número de yacimientos magmáticos, yacimientos magmáticos líquidos en los plutonitos ultrabásicos y básicos: en las zonas más externas y en la vecindad más o menos inmediata de las granodioritas y granitos: pegmatitas, yacimientos de contacto, yacimientos hidrotermales intrusivos y neumatolíticos.

Los últimos restos en fusión salen un poco después del final de la orogénesis, cuando la cadena montañosa puede ya encontrarse considerablemente erosionada: ellos alcanzan frecuentemente la superficie y forman cuerpos aislados subvolcánicos y volcánicos del «subsequenten Vulkanismus» (volcanismo subsecuente). Frecuentemente están en relación yacimientos hidrotermales subvolcánicos muy ricos.

Grandes porciones de corteza terrestre están así enraizadas y consolidadas por la orogénesis y las intrusiones, y ya no son jamás plegables: ellas se han transformado en «Kratone». De tales bloques consolidados, tan profundos que ellos están recubiertos por océanos profundos, descansan directamente sobre el magma símico. Sufren fracturas insignificantes y pliegues débiles por los cuales los magmas básicos aislados pueden salir. Pero, localmente, el magma basáltico aparece en superficie sobre enormes frentes y constituye mesetas basálticas potentes. Este volcanismo está enteramente desprovisto de yacimientos.

Los bloques cratónicos pueden, seguidamente, hundirse lentamente y profundamente, y alcanzar nuevos dominios de alta temperatura. Entonces aparecen con una intensidad creciente los fenómenos de *metamorfismo*, de *anateksis*, de *granitización* y de *palingénesis*. Los antiguos yacimientos son entonces metamorfozados, sea de una manera simple, sea de una forma compleja y olimetamórfica.

3.—*Hechos que no están de acuerdo con esta clasificación*

Ha habido, en el curso de los tiempos, de un lado y del otro, ciertas excepciones a la regla, y asimismo ciertos desacuerdos muy evidentes. Una de las causas, la más importante, de esta sistemática, es bien conocida: los yacimientos de menas de minerales magmáticos pertenecen, en un cierto sentido limitado, al cortejo de ciertas rocas eruptivas plutónicas o subvolcánicas, deben entonces estar en relación de espacio y de tiempo con ellas. Existe solamente a este propósito un número de excepciones importantes. Muchas pueden explicarse por ciclos múltiples de venidas metalíferas, por relaciones particulares con las rocas vecinas semejantes. Sin embargo, ciertas excepcio-

nes a la regla quedan inexplicadas. Así se llega frecuentemente a que en una provincia metalogénica, la mayor parte de los yacimientos corresponden, bien por su época de formación, a la provincia petrográfica a la cual ellos pertenecen, pero otros yacimientos, por su edad mucho más reciente, se salen completamente del orden. Se esfuerzan en este caso en descubrir ciclos magmáticos más recientes, lo mismo cuando no existe absolutamente ningún índice en ninguna parte. Este estado de cosas, nada satisfactorio, era la fuente de numerosas polémicas. He mencionado ya en el tratado de 1940 —Schneiderhoehn (48-51)— algunas dificultades de esta clase: la relacionaba con la concepción de yacimientos hidrotermales secundarios, cuyos «yacimientos madres» estaban situados en el orógeno más profundo correspondiente a la edad de la provincia eruptiva; después, la tectónica habiendo vuelto a rejugar, con fracturas en la cobertera que se han desarrollado; los minerales preexistentes han sido disueltos por las aguas termales más recientes desprovistas antes de menas, y han sido redepositadas de una manera selectiva en la cobertera.

En las coberteras no plegadas se podía intentar también interpretar de esta manera. Las dificultades, sin embargo, son grandes cuando se quiere interpretar la mineralización de los orógenos más recientes. Es este el caso de la *mineralización alpina*, siempre muy difícil de explicar. En los Alpes orientales, en particular, he llamado la atención varias veces de metalogenistas eminentes sobre este punto; en Suiza y en los Alpes del sur de Italia, las mismas dificultades se conocen desde hace largo tiempo. Se tiene siempre, en todos estos dominios, la impresión de que una gran parte de los yacimientos está generalmente «flotando en el aire». Numerosas hipótesis de trabajo se han imaginado para vencer estas dificultades: ninguna puede ser aceptada, hasta el momento, que tenga una aprobación unánime. Una discusión particular de la mineralización especial de los Alpes orientales ha sido ya realizada, con motivo de una nueva presentación de mi «Nehrbuch» (tratado) y del mapa de las provincias metalogénicas de los Alpes orientales que va unido a dicho tratado. Casi todos los metalogenistas de los Alpes orientales han participado en la discusión. Las dos suposiciones son: de una parte, que cuerpos intrusivos más recientes tendrían su origen en un granito de los Tauern variscos, siendo entonces más antiguo, y a cuya descendencia pertenecerían los yacimientos; de otra parte, una diferenciación a partir de soluciones metamorfozantes en circulación y a las cuales llegarían todavía algunas emanaciones magmáticas terciarias. Estas dos hipótesis, la primera sostenida principalmente por Petraschek, la segunda principalmente por Clar y Friedrich, reconocen una provincia metalogénica común, a saber, una «unitarische catalpine metall provins» (provincia metalogénica unitaria alpino oriental). Pero hay otra opinión propagada por Schwinner: existen, en los Alpes orientales, varias mineralizaciones diferenciadas en el tiempo y en el espacio. Estas hipótesis, aunque diferentes en sus detalles, tienen sin embargo un trazo común: a saber, que no hay apenas dudas en cuanto a la edad terciaria

media a superior de las menas alpinas, pero el magmatismo que las ha producido es difícil de definir.

Yo mismo, en un principio, fui llevado involuntariamente a tomar parte en la discusión referente a la mineralización de los Alpes orientales para responder a la crítica de mi mapa y de su memoria, hecha por Schwinner. Desde hace tres años, sin embargo, me he interesado muy activamente en este problema por la invitación de la Sociedad Minera Cave di Predil en Raibi (director general el ingeniero doctor Nogaka y el geólogo, profesor doctor Dino di Calbertaldo); me he ocupado, a partir de 1949, de una manera muy profunda, de los yacimientos de Raibi y de otros análogos cerca de Auronzo, en los Dolomites del Tirol meridional. En Bleiberg, igualmente, he podido volver a ver lo que ya había estudiado una vez a fondo. Cuando he expuesto los primeros resultados de las observaciones y reflexiones en septiembre de 1950 en la Asamblea general de la Sociedad de Mineralogía italiana en Raibi en cuanto a los yacimientos hidrotermales secundarios (53), expresaba la presunción que Raibi, Bleiberg y Auronzo podrían ser explicados muy simplemente por reviviscencias de yacimientos variscos más antiguos y más profundos a favor de la orogénesis alpina.

Para hacer comparaciones, he podido estudiar, por invitación de la Sociedad Minera de Montevecchio (director principal el ingeniero doctor Rolandi), los yacimientos importantes de plomo y de cinc de la Sardaña. El azar quiso que durante el semestre del invierno 1950-51 el joven ingeniero de minas francés, Jean Bolze, del Instituto Católico de París, gracias al geólogo de ese Instituto, A. S. Lapparent, haya trabajado durante un largo período en el Instituto de Friburgo sobre menas de yacimientos tuncinos de plomo y cinc. El me expuso toda la posición de los yacimientos y su posición tectónica, lo mismo que lo que se refiere a su génesis, todavía no esclarecida totalmente. En este caso, igualmente, el origen hidrotermal secundario le pareció tan plausible, que M. Bolze aceptó inmediatamente el hacer una exposición en colaboración conmigo en la Sociedad Geológica de Francia en París (Bolzeschneiderhoehn, 8). Numerosos especialistas encontraron esta teoría muy aceptable para el tipo de yacimientos de Africa del Norte y también de Francia.

En fin, en 1951, encontrándome en los Alpes occidentales, he podido estudiar igualmente yacimientos alpinos, en particular en el dominio de la zona básica de Ivry. Este era el lugar de trabajo del especialista italiano M. Bertolani, de Módena, que estudió estos yacimientos en el semestre del verano en el Instituto, ocasión inmediata para hacer excursiones bajo su dirección. En fin, he podido estudiar además, con ocasión de haber tenido una discusión profunda con M. Huttenlocher, de Berna, los yacimientos de los Alpes occidentales.

Como resultado de estas observaciones y reflexiones, desearía exponer una nueva sistemática genética de los yacimientos, que de una parte esté basada

sobre viejas concepciones magmáticas, ante todo sobre la idea de Niggli, pero que de otra parte utiliza, sin embargo, la nueva geotectónica de Stille como base, y finalmente, tenga en cuenta las reflexiones de Clar, Angel y Driedrich sobre el papel del metamorfismo. Muchos hechos estaban ya contenidos en los antiguos trabajos de Huttenlocher, lo mismo que en estos más recientes de Clar y Friedrich.

Faltaba sin embargo hasta ahora, relacionar todas estas observaciones en un sistema lógico.

SEGUNDA PARTE

NOCIONES FUNDAMENTALES SOBRE LA NUEVA CLASIFICACIÓN GENÉTICA BASADA SOBRE LA GEOTECTÓNICA

1. Quiero siempre testimoniar la validez plena y entera del esquema de los yacimientos magmáticos de Nicoli. Es la hipótesis de base más importante sobre el origen de los yacimientos que se forman en el seno de la tierra («endógenos»). Hay sin embargo una *restricción* muy importante a hacer a este respecto; no creo que cada uno de los numerosos ciclos intrusivos posea en la corteza terrestre su cortejo específico de metales nuevos y juveniles. Nicoli ha admitido ya en diversos lugares, como idea propia, haciendo resaltar varias veces que ciertos orógenos han producido mineralizaciones mucho más fuertes que otros. Bajo una forma particularmente acentuada, Heke (23) ha expresado este principio; cada orógeno tiene igualmente su calcógeno. Pero en el sentido en que los metales de este calcógeno son totalmente primarios y juveniles, no puedo aprobar esta frase. Como principio fundamental de mi teoría formularía que solamente han existido *desde el Cámbrico uno o dos orógenos primarios principales dando metales*. En Eurasia se trata de la orogénesis varisca del Paleozoico (orogénesis hercínica), frente a la cual la orogénesis caledónica del Paleozoico antiguo no debe ser considerada nada más que como predecesora. Todas las orogénesis más tardías de Europa y de Asia, en particular la orogénesis alpina, fueron, en mi opinión, estériles, en el sentido más amplio, en mineralización primaria nueva.

En *América del Norte*, las orogénesis variscas existen en los Apalaches y los Cuachitites. Su contenido en metales es ciertamente relativamente débil. Pero la orogénesis principal, con aporte de metales juveniles primarios, se encuentra en su más grande estilo en el sistema de las Rocky Mountains y asimismo en la orogénesis situada más al Oeste, del final del Jurásico a la base del Cretácico, y en la orogénesis larámica que se extiende al Oeste, inmediatamente del final del Cretácico al principio del Terciario.

2. Cuando un orógeno queda continuamente consolidado, o como Stille lo ha expresado, se transforma en un «Vellkraton», como por ejemplo la

Europa media extraalpina o los Apalaches después del plegamiento varisco, puede sufrir todavía dos destinos en la continuación de la historia de la tierra:

a) Puede, durante un largo periodo de emersión, denudarse cada vez más y presentarse hoy día a nuestros ojos cortado en diferentes niveles de sus cuerpos intrusivos y de su borde plegado. Esto es bien conocido en nuestras montañas variscas, Macizo Bohémico, Sudetes, Erzgebirge, Macizo Renano, Selva Negra, Macizo Central Francés, Ural, o en los dominios del plegamiento larámico y nevádico de los Estados Unidos, etc... En tales dominios, nosotros encontramos ahora los *tipos de yacimientos clásicos puramente «higgliens»* con todos sus tipos de facies y sus pasos laterales y temporales conocidos y con sus series zonales alrededor de las masas intrusivas. Yo designaría estos dominios, de acuerdo con la nomenclatura de Stille (63), como los «reines metallischen Urorógene» (orógenos antiguos metalíferos puros). *Su cortejo de yacimientos es el cortejo magmático normal o el cortejo antiguo.*

Los metales, en estos orógenos antiguos, derivan sin duda de fusiones intracorticales que habían ya tenido lugar en los tiempos pregeológicos, en esto que Rittman (43a) consideraba como la costra superior sílica neumatógena y que ha sido conservada. A partir de esta zona en fusión se desarrollarían las diversas rocas por diferenciación, por gravitación compleja de Bowen-Niggli, y por separación de las partes constituyentes de los yacimientos fácilmente volátiles.

b) En los dominios localmente sumergidos en el interior de este orógeno antiguo y en los dominios que Stille designa como «Parageosinklinalen» (parageosinclinales), se encuentra una cobertera de capas marinas y terrígenas más o menos concordantes. En la Europa media extraalpina, son las rocas triásico-jurásicas; en el orógeno americano éstas son las rocas que van del Cretácico al Terciario reciente.

Estas coberteras fueron enseguida, en diferentes épocas, rotas epirogénicamente o débilmente «plegado-falladas». Se agrupa así una gran parte de la Europa occidental en «tectónica sajona» (Stille 62). Las fallas con desplazamientos y flexiones han sido reflejadas lo más corrientemente sobre el subsuelo, y corresponden en consecuencia, en su localización y su dirección, a un renovamiento de la tectónica del zócalo. Gracias a ellas suben, viniendo de las capas más profundas, aguas termales que no llevan metales; estas aguas disuelven una parte de las menas y de los filones del subsuelo, transportánolas en seguida a la cobertera y pudiéndolas depositar selectivamente en ciertos lugares. Éstos son los yacimientos que he designado en 1940 como «sekundär hydrothermale» (hidrotermales secundarios). Ejemplos de ellos se encuentran en el Triás jurásico tabular de Alemania occidental, media y meridional; en el Triás y Jurásico que rodea el Macizo Central francés, en África del Norte francesa, y sin duda en otros muchos lugares.

3. Cuando la *consolidación* de un conjunto orogénico no está totalmente

terminada, se trata entonces solamente de un «quasikratonische Zustand» (estado casi cratónico), o se puede encontrar todavía de paso, por este conjunto orogénico, a un estado geosinclinal. Le sigue una «removilización» de esta región, o como Stille (59-63) la nombra, una «Regeneración». De esta manera, una porción de territorio que había ya sufrido antes una orogénesis, es «venecida» por una nueva orogénesis más reciente. La zona de tierra afectada es «bizyklisch» (biciclica). Una tal regeneración orogénica es visible en los Alpes, los Dinárides, los Valcánides y en algunas partes de los Andes, en la región circumpacífica, el orógeno japonés, filipino e indonesio. Esta regeneración es acompañada de hundimientos en las zonas muy profundas y con alta temperatura. El conjunto de los materiales de rocas y yacimientos antiguos llevados así a una más grande profundidad entra más o menos en movimiento. Se producen soluciones sobre una gran extensión, ascensiones, nuevos depósitos selectivos, bastante elevados, en el orógeno reciente plegado y replegado. Entre los antiguos yacimientos, las rocas del subsuelo y éstas nuevamente formadas en el orógeno reciente, aparecen todos los términos de paso. Algunos yacimientos quedan todavía en su lugar primitivo y han sido solamente más o menos deformados o tocados por el metamorfismo. Por el contrario, se encuentran yacimientos derivados que han caminado lejos y se han redepositado en rocas mucho más recientes. Además, el contenido de los yacimientos antiguos ha sido conservado integralmente o bien se ha empobrecido en elementos constitutivos. Los procesos moderados que caen todavía en el dominio de la definición de *hidrotermales secundarios* se mezclan en este caso a otros que se les colocaría allá en la serie metamórfica y que he designado en 1941 como *seudo-hidrotermales*.

En este conjunto complejo de fenómenos es preciso, evidentemente, considerar dos casos:

a) Los fenómenos que sobrevienen en un *orógeno donde la tectónica domina*, donde el plutonismo sinorogénico desaparece o es todavía desconocido en los niveles visibles actualmente, y en los cuales el magmatismo subsecuente falta totalmente. Es el caso, por ejemplo, de los Alpes occidentales y orientales. Aquí las transformaciones de los yacimientos variscos resultan esencialmente de procesos metamórfico-tectónicos.

b) Cuando ha habido, en un orógeno, grandes plutones sinorogénicos con «subvolcanes» y otros cuerpos magmáticos, esto provoca una movilización mucho más energética de los yacimientos antiguos del subsuelo y su «revivificación». Los nuevos yacimientos que se formaron así en un orógeno reciente parecen formar una serie alrededor del magmatismo reciente y del pseudomagmatismo palingénico. La mayor parte del tiempo se tiene igualmente series metálicas subvolcánicas que suceden al volcanismo subsecuente. Tales condiciones solamente se han realizado muy raras veces en los Alpes. Sin embargo, ellas son la regla en los Cárpatos, los Balcanes, los Andes, en el Japón, Filipinas y en las Indias.

Los casos *a* y *b* son, sin duda, fenómenos mucho más complejos que en el caso 2 simple. Formaciones hidrotermales secundarias en las series de coberteras no plegadas. Varios procesos se añaden igualmente, como ya se ha mencionado, y como Clar lo ha hecho también resaltar en 1945 (II); yo los distinguía en 1941 bajo los nombres de hidrotermales secundarios y de pseudo-hidrotermales.

Considero adecuado restringir la expresión de «hidrotermales secundarios» sólo a los procesos y yacimientos del grupo 2 en las coberteras no plegadas. Nosotros debemos entonces atribuir un nombre más general a la totalidad del grupo de procesos y yacimientos donde se han formado nuevos yacimientos a partir de los antiguos, en las condiciones geotectónicas determinadas. H. Stille ha llamado «regenerado» el orógeno reciente nacido sobre un orógeno antiguo, y es lógico designar como «yacimientos regenerados» los yacimientos que «reviven» como lo he hecho ya en 1941 en el tratado correspondiente (p. 634). Pertenecen también a tales yacimientos regenerados los hidrotermales secundarios de capas superiores no plegadas, como éstos de los orógenos más recientes cuyos elementos constitutivos han nacido en los yacimientos del antiguo orógeno primitivo transformado. Se trata entonces, para estos yacimientos en sentido propio, de una nueva resurrección.

Para la totalidad de los yacimientos 1, 2 y 3, los antiguos nombres de «magmáticos» o magmáticos en sentido amplio son demasiado restringidos: en efecto, además de los yacimientos magmáticos juveniles, pertenecen también a este grupo todos los yacimientos regenerados e incluso varios que se podrían colocar estrictamente en la serie metamórfica de acuerdo con sus caracteres. Es lo que ya Clar había reconocido en 1945, pero sin proponer nombres y expresiones de conjunto. Niggli lo ha hecho el primero en 1947 (37) e incluso un poco después sobre las mismas bases. Querría volver a tomar aquí su denominación simple y bien conocida y designar igualmente en su totalidad todos los yacimientos como «endógenos». Estarían aquí representados entonces todos los yacimientos magmáticos en sentido amplio o restringido, además de las formaciones de origen metamórfico donde se han producido desplazamientos importantes de elementos, nuevos aportes o eliminaciones. Como ellos están ligados a las rocas primitivas más profundas de los viejos escudos, los he designado en 1944 como yacimientos polimetamórficos complejos. Al lado de los dos grandes primeros grupos de yacimientos regenerados existe el grupo 3.

Nosotros obtenemos entonces el esquema general siguiente:

CUADRO SEGUNDO

Clasificación genética de los yacimientos endógenos sobre una base geotectónica.

I. Yacimientos magmáticos de la serie normal en un orógeno antiguo.

A clasificar después de manera usual, casi como en el cuadro I.

II. Yacimientos regenerados.

Por resurrección de yacimientos magmáticos de los orógenos antiguos, depositados de nuevo, por regeneración geotectónica, en las zonas más elevadas y más recientes de la corteza terrestre.

- 1) Yacimientos regenerados *epirogénicamente*, o yacimientos *hidrotermales secundarios*. En una cobertera no plegada pero que ha sufrido fracturas epirogenéticas.
- 2) Yacimientos regenerados de tipo *alpino* en los orógenos recientes. Se forman a partir de yacimientos de las partes transformadas del orógeno antiguo.
 - a) De manera simplemente tectónica más o menos metamórfica, sin magmatismo esencial en los orógenos recientes.
 - b) De manera pseudomagmática más o menos palingénica en los orógenos recientes con mucho magmatismo.

III. Yacimientos de origen metamórfico en los viejos escudos precámbricos.

Existen ya antes de la dislocación Algonkiense y pertenecen al Proorogénico en el sentido de H. SHELTON.

En el curso de la discusión, E. Clar mostró que sería más correcto designar este grupo II por: «yacimientos del orógeno regenerado», o «yacimientos de la regeneración orogénica». Por consiguiente, se podría igualmente hacer entrar en este grupo las formaciones todavía dudosas desde el punto de vista genético, como los yacimientos de Adamello o el cortejo de la tonalidad de Riesonerfermer. Querría aprovechar la sugerencia de E. Clar. Las expresiones son las propuestas por Clar, mientras que su expresión de «yacimientos regenerados» puede ser conservada como título resumido.

TERCERA PARTE

CARACTERES DISTINTIVOS Y MODO DE PRESENTARSE DE LOS DIFERENTES GRUPOS GENÉTICO GEOTECTÓNICOS DE YACIMIENTOS

Se trata ahora de probar la utilidad práctica de la sistemática propuesta y de dar criterios que permitan reconocer los diferentes grupos y esbozar su repartición en el tiempo y en el espacio.

I.—YACIMIENTOS MAGMÁTICOS DE LA SERIE NORMAL EN LOS OROGENOS ANTIGUOS

1).—Caracteres distintivos. Serie zonal.

No tenemos necesidad de decir gran cosa en cuanto a los caracteres distintivos y de las formas bajo las cuales se presentan los yacimientos, las paragénesis y la geoquímica de este grupo, puesto que se considera hasta ahora este grupo como la serie magmática propiamente dicha. Se trata completamente, en sentido propio, de la serie primaria de los metales de un orógeno antiguo. En lo que concierne a este grupo, es válido el esquema de Niggli: formaciones magmáticas líquidas, pegmatíticas, neumatolíticas o hidrotermales; estas últimas se clasifican en subgrupos, *cata*, *meso*, *epi* y *anotermal*. El cuadro I de la figura 1 da un aspecto de esta clasificación.

Como cada uno sabe, cada grupo posee en la paragénesis típica su sucesión constante, naturalmente con frecuencia interrumpida por recurrencias después de varias generaciones y corrientemente también por rejuvenecimiento. Pero en seguida es preciso distinguir todavía, generalmente, una sucesión de generaciones de acuerdo con sus características externas, establecer para cada mineral, caracterizado por su volumen, su desarrollo, las particularidades de su aspecto y hábito, caracteres internos como el color, las inclusiones, los cristales mixtos, las estructuras zonadas y otros muchos. Las paragénesis y las sucesiones geoquímicas son igualmente muy constantes.

Bajo el aspecto geológico, el carácter más importante es la serie zonal. Es la disposición en anillos alrededor de las masas intrusivas, lo mismo en el sentido lateral que en el vertical y, finalmente, en el tiempo, en relación con la sucesión de generaciones (véase la descripción muy reciente de M. Borchert, Sa). En la serie normal aparecen siempre las mismas paragénesis isogénicas en todas las regiones diferentes de la tierra, con los metales correspondientes y en el mismo orden de sucesión. Es por lo que nosotros hablamos desde hace más de cien años de formaciones mineralizadas repartidas en el mundo entero. El cuadro 3 da el esquema de la serie normal.

Esta constancia remarcable, extraordinaria, de todos los yacimientos minerales existentes en los orógenos antiguos, es su carácter principal.

W. H. Emmons en los Estados Unidos, fue el primero en esquematizar, en 1927, las sucesiones de los yacimientos minerales y metalíferos (16, 17). W. Mauchert había ya emitido en 1911 ideas comparables sobre la sucesión de los minerales (33). Pero el esquema de Emmons era con mucho demasiado rígido, y fue llevado más tarde a proporciones más exactas. En los Estados Unidos en particular, pero también en Europa, este esquema fue el responsable de desacuerdos repetidos que aparecieron. Querría mostrar en lo que

Serie normal de las formaciones mineralizadas en el dominio pegmatítico, neumatolítico, hidrotermal intrusivo

Cambio de facies de abajo a arriba } En el espacio = vertical + lateral = diferenciación primaria = serie zonal } + En el tiempo = temporal = «serie de las separaciones»

Formaciones más raras Min. Inst. Freiburg 1943/1949

FORMACIONES	METALES	MINERALES DE LOS YACIMIENTOS	GANGAS	
Formaciones Mesotermiales	Anotermal	Limonita Hematites Oxidos Mn	Cuarzo III de pseudomorfofosis + Calcedonia	
	Epitermal	As	Rejalgar, Oropimente	Calcedonia
		Hg	Marcasita Cinabrio	Baritina
		Sb	Estibina	Baritina
	Mesotermal	Ag	Argentita, Plata Sulfuros complejos de Ag Pb, As, Sb	Baritina
		Pb	Galena	Baritina
		Cu	Calcopirita Cobre gris	Fluorina
		Zn	Blenda	Fluorina
	Catatermal	Bi Co Ni U	Bismuto Arseniuros Co-Ni Pechblenda	Fluorina
		Fe As Au	Pirita Mispiquet = Oro Pirrotina	Fluorina
Formaciones neumatolíticas	Bi W Sn Mo	Bismutina Wolfranita Casiterita Molibdenita	Fluorina Apatito Nico-L1 Turmalina Topacio Cuarzo I	
Pegmatita		Minerales con Li, Bo, B, Tl, Zr, Hb, Tn Tierras raras, U, Th	Cuarzo-pegmatítico 353° Feldespatos potásicos Feldespatos potásico-sódicos Albita Mica K, L1	

H. SCHNEIDERHÖHN. — Clasificación de los yacimientos sobre una base geotectónica.

sigue, que la mayoría de los desacuerdos provienen de que se ha querido aplicar este esquema ligeramente.

2).—El orógeno varisco y sus yacimientos minerales.

Como había ya indicado en la página 55, creo que en Eurasia los orógenos variscos son solos y únicos, entre los antiguos orógenos fundamentales, en dar una metalización. La figura 2 representa la extensión de estos orógenos, de acuerdo con Umbgrove (A. Archangelski) (3) que dan un mapa semejante, todavía más detallado para Asia.

Precediendo al plegamiento varisco, el plegamiento caledónico que se produce entre el Silúrico inferior y el Devónico inferior, por todas partes se ha creído que era también una causa de formación de menas. Se encuentra que algunos yacimientos poco numerosos e insignificantes sobre la meseta escocesa y un poco más en Noruega occidental, pertenecen, lo más corriente, al magmatismo inicial por sus «Eisenjaspilite» (jaspilitas ferruginosas) exhalativas, submarinas y sus yacimientos piritosos. Existe por otra parte yacimientos magmáticos líquidos de cromo, de pirrotina níquelífera y de ilmenita, en relación con precursores básicos y ultrabásicos del magmatismo sinorogénico. Se encuentra en los Sudetes yacimientos caledónicos análogos, pero también poco numerosos y de poca importancia. Sin embargo, los principales dominios de la tierra alcanzados por los plegamientos caledónicos, Siberia y otras regiones del Asia Central por ejemplo, están desprovistos de mineralización de esta edad.

El plegamiento varisco ha suministrado la mayor parte de las menas metálicas en grandes regiones de la tierra. En Europa, éstos son los antiguos distritos mineros: Macizo Bohémico, Sudetes Fichtelgobirge, Ergevirge (montes metalíferos), Thüringer Wald, Macizo esquistoso renano, Cornualles, Schwarzwald (Selva Negra), Vosgos, Macizo Central francés, Península Ibérica, Sardaña y Marruecos occidental. En todas estas regiones domina una orogénesis intensa y un plutonismo sinorogénico. Allí, las formaciones puramente hidrotermales e hidrotermales neumatolíticas son más importantes. Localmente dominan los minerales de estaño y de wolframio, el oro desaparece completamente, las menas de cobre son relativamente ricas, y por algunos puntos aparecen igualmente menas ricas de cobalto y uranio.

En todas estas regiones, las formaciones con cinc, plata-plomo, son frecuentes y ricas. Una segunda zona de pliegues variscos, ampliamente extendida en la frontera Europa-Asia, está constituida por el Ural, en todas partes muy profundamente erosionada, como los plegamientos variscos europeos. Es por lo que dominan rocas básicas y ultrabásicas de las series profundas con sus menas de hierro neumatolíticas de contacto, con formaciones pegmatíticas ricas, menas piritosas y cupríferas neumatolíticas e hidrotermales de alta temperatura. Más lejos, el orógeno varisco, alcanzando grandes par-

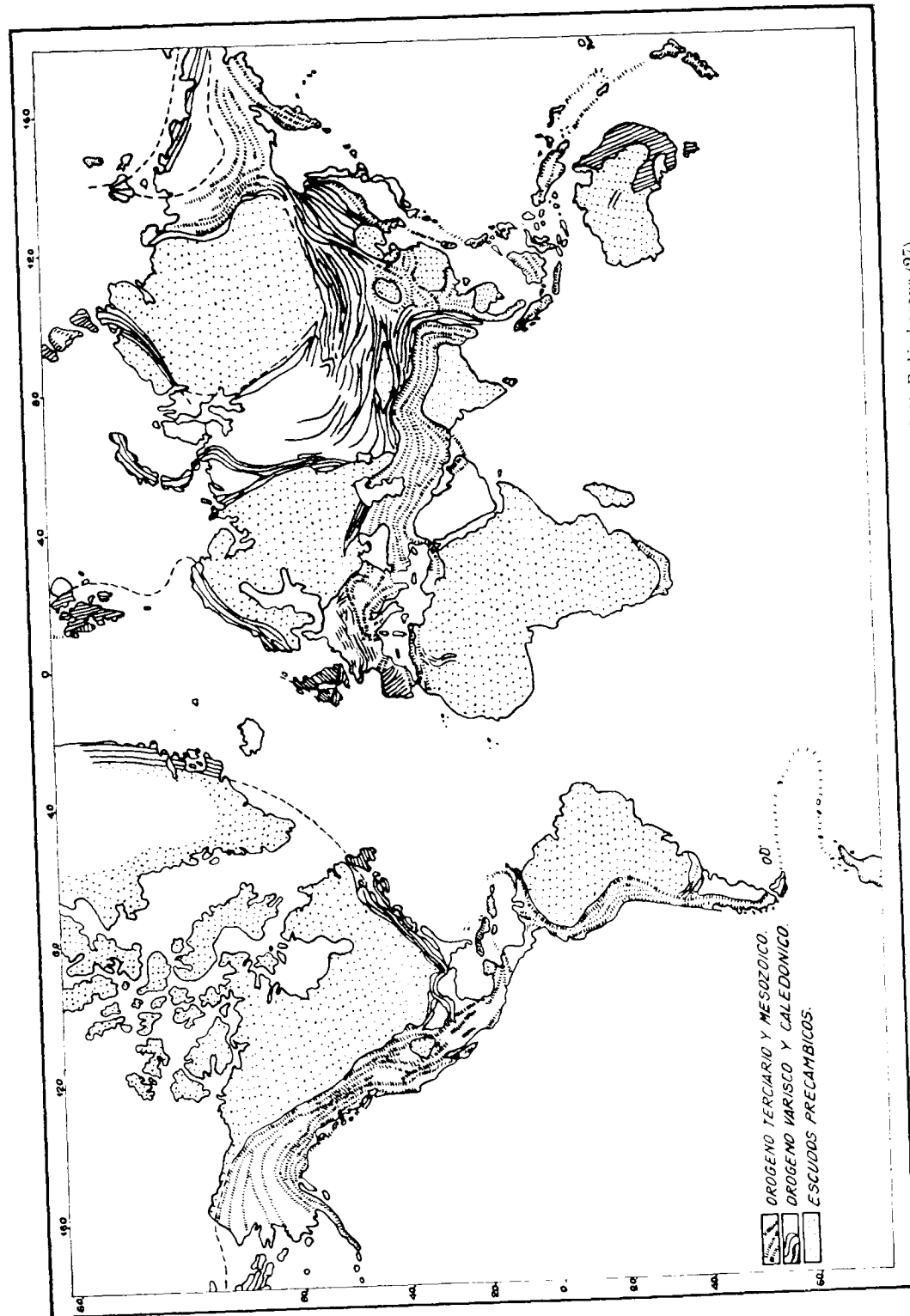


Fig. 2.— Viejos escudos orógenos varisco y terciario sobre la tierra. Según J. H. F. Umbgrove (27).

tes del Asia Central, contiene una mineralización interesante o incluso excelente, lo más corrientemente neumatolítico-hidrotermal, zona N. de la estepa Kirghise y Altaí occidental, Cuenca de Minussinck, Transbaikaila sudoriental, región sur del Amur, Chingan, montes de Verkhöiansk, península de Tchouktehe. Los haces de pliegues que alcanzan Birmania e Indochina, donde menas de plomo, de wolfram y de estaño, están ligadas a ellos. Hay además al nordeste de Asia algunos orógenos más alejados, menos conocidos, donde parecen existir importantes yacimientos de estaño. En China, igualmente, se encuentran extensas zonas de plegamientos variscos que encierran yacimientos de estaño, de cinc, plomo y antimonio, siendo los más importantes y los más ricos de China. En *Australia oriental* y *Tasmania* existen haces de pliegues variscos con una prefase caledónica. Se encuentran numerosos yacimientos neumatolíticos de molibdeno, wolfram, estaño, lo mismo que índices de cobre y de oro de alta temperatura y yacimientos de pirita célebres. En *América del Norte*, los Apalaches y los Montes Cuchita han sido plegados en época varisca, encerrando numerosos yacimientos hidrotermales de alta temperatura, de oro y piritas cupríferas. En realidad, en la región de las Cordilleras, el plegamiento varisco presenta índices aislados, pero allí desaparece completamente. De acuerdo con W. Lindgren (31), la mineralización ha sido completamente insignificante en las Cordilleras entre el Paleozoico y el fin del Jurásico.

Parece entonces que los geosinclinales variscos, sobre toda la tierra, se hallan hundidos tan profundamente que han alcanzado en grandes áreas *partes todavía juveniles* de un *magma síalico* de composición uniforme. El contenido en metales de este sial debería ser en todas partes del mismo orden de volumen relativo y absoluto. Pero en el curso de esta orogénesis, estos vestigios de sial se han deslizado completamente y han hecho intrusión en zonas plegadas casi sin dejar restos. Por consiguiente, *no ha habido* para las orogénesis más recientes *magma juvenil* disponible en estas zonas.

3).— *Los orógenos antiguos nevado-larámicos en las Cordilleras de los Estados Unidos y sus cortejos de yacimientos:* (H. Stille 59, W. Lindgren 31).

El periodo principal del plegamiento de las Cordilleras, desde Alaska hasta Méjico, pasando por Colombia británica y los Estados Unidos, se produce entre el final del Jurásico y el final del Cretácico. En las Cordilleras occidentales, el plegamiento alcanzó su paroxismo durante la orogénesis *nevádica* (desde finales del Jurásico a la base del Cretácico) y en seguida durante la orogénesis *larámica* (del final del Cretácico a la base del Terciario), que afectó sobre todo a las Montañas Rocosas de la Cordillera oriental. Los dos representan uno de los más grandes fenómenos de plegamiento del mundo (Stille 63). El plegamiento nevádico provoca ya un magmatismo básico

inicial extremadamente potente, ampliamente extendido, con numerosos yacimientos. El plutonismo sinorogénico se compone de un conjunto plutónico de 2.000 km. de largo por 160 km. de ancho, casi sin interrupción. Se encuentran innumerables yacimientos de cinc, plomo, cobre y oro, presentando en partes una extraordinaria riqueza. Una visión de conjunto de todos los orógenos recientes mesozoicos, neozoicos, de acuerdo con Umborove, se da en la figura 2.

Yo querría considerar todos los yacimientos magmáticos de minerales y menas del sistema de las Cordilleras como yacimientos magmáticos primarios por las razones siguientes: por una parte, al lado de la ausencia en esta región de una metalización más antigua, varisca, la existencia de una serie normal de yacimientos minerales nevado-larámicos repartidos por todas partes las sucesiones zonales remarcables, todas las características de las paragénesis y de las facies de esta época, que se presentan corrientemente en condiciones análogas a las de los yacimientos variscos de Eurasia o son semejantes a éstas. Una gran parte de estas rocas magmáticas podrían ser juveniles; es en este aspecto al que yo querría atribuir el origen de los yacimientos. Por otra parte, estando indicado el enorme hundimiento en profundidad de estos orógenos, la existencia en grandes plutones de algunas fracciones o incluso localmente numerosas (fracciones), muy ampliamente afectadas por la palingénesis, no es sorprendente. Su participación en la formación de los yacimientos, sin embargo, ha debido ser mínima.

Asimismo, una gran parte de la Cordillera mejicana y los Andes sudamericanos, cuyas fases orogénicas corresponden al mismo ciclo principal, bien que, en general, un poco más reciente, ha debido ser magmático primario, y presentan también por consecuencia numerosos yacimientos de un orógeno antiguo. Sin embargo, existe ya en ciertos sectores importantes regeneraciones y sobre ellas insistiremos en un capítulo ulterior.

El magma juvenil de todos estos orógenos nevado-larámicos ha debido ser todavía un último resto del mismo sial rico en metales que había ya dado lugar a los yacimientos variscos. Pero allí el plegamiento varisco era poco profundo, insignificante, y por esta razón el sial se ha podido conservar en estas zonas hasta el final del Mesozoico.

II.—YACIMIENTOS REGENERADOS POR MOVILIZACIÓN RECIENTE DE LOS YACIMIENTOS VARISCOS TRANSPORTADOS A PORCIONES MÁS ELEVADAS DE LA CORTEZA TERRESTRE

Existen dos subgrupos importantes:

1) Yacimientos regenerados epigrogénicamente (o yacimientos hidrotermales secundarios) depositados en fracturas epigrogénicas de las series de cobertera del varisco erosionado.

Por razones de trabajos recientes sobre esta cuestión, remito a lo que ya he expuesto en el tratado de 1914 y a mi trabajo detallado de 1949 sobre la varitina. He publicado ulteriormente sobre la misma cuestión en las Rendic. Soc. Min. Ital. 1950 (53), y en colaboración con J. Bolze, en el Boletín de

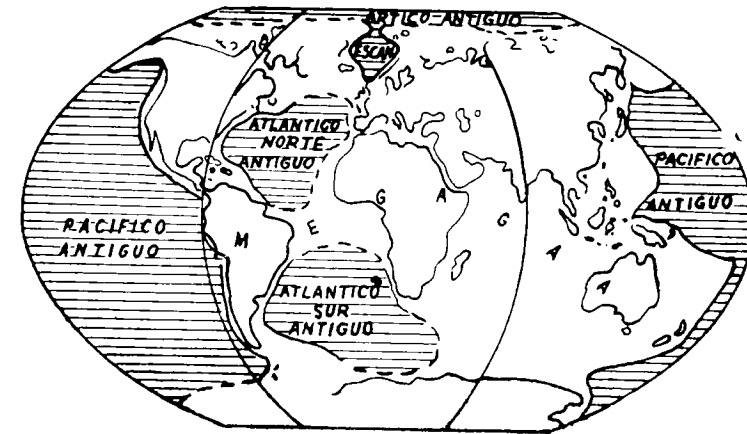


Fig. 3.—La «magagaa»; es decir, la masa continental enteramente cratónica que existía al final del protogaico (en blanco). Según H. Stille, 1949 (63,525).

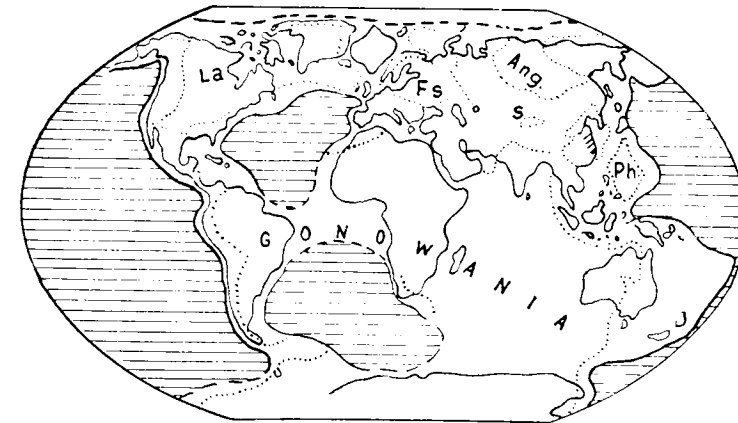


Fig. 4.—Los «egeosinclinales antiguos» (en gris) nacidos de la sedimentación algonquiense. Según H. Stille, 1949 (63,525).

Soc. Geol. de Francia 1950 (8). Los caracteres distintivos de este subgrupo son en primer lugar de naturaleza geológica, precisamente la presencia de yacimientos en una serie de cobertera en la cual no se conoce ningún fenómeno subvolcánico o magmático plutónico correspondiente. La edad de estos yacimientos es más reciente que la del eventual ciclo magmático vecino más reciente. Corrientemente pertenecen a varias épocas geológicas re-

cientes. Están ligados a fracturas con desplazamientos y a zonas de deslizamiento concordantes en todas partes, en dirección y localización con las dislocaciones de la misma dirección del zócalo, que ha sido separado más tarde de la cobertera. Se trata de antiguas fracturas y de zonas más débiles de la corteza terrestre, que Stille designa como «*alignaciones preexistentes*»; en numerosas regiones se han conservado siempre en direcciones determinadas.

Las dificultades encontradas para la «investigación de la paternidad» constituyen para todos estos yacimientos un carácter distintivo que no falta casi nunca. Además, el hecho siguiente es bien característico: la «paternidad» atribuida por un autor a un yacimiento dado, es negada generalmente por otros. Cada autor atribuye al yacimiento un «padre» diferente, pero ninguno es reconocido por todos. Para responder a esta metáfora es también completamente imposible lo más frecuente: recoger una prueba «sanguínea» que demuestre la «paternidad» sin dudas. Porque en verdad, la mayor parte de los yacimientos de este grupo poseen una característica *mineralógica* bastante general: su pobreza en minerales y su carácter geoquímico y mineral completamente indiferente y no específico. Estos yacimientos solamente encierran las menas y gangas más frecuentes y las más conocidas, estando desprovistos de particularidades geoquímicas y tipomorfas. Como minerales de las menas dominan la galena, blenda, wursita, calcita, carbonatos de hierro y de magnesio, baritina y cuarzo. Mucho más raramente se encuentra fluorina. En algunos lugares existe calcopirita y calcopirita. En la paragénesis con baritina en particular, se encuentra hematites y limonita rojas, marrones, negras, pero, generalmente, muy raras. La riqueza en metales preciosos es siempre débil. La débil riqueza o la falta total de hierro en las blendas y blendas coloidales, es particularmente característico. Las blendas son tanto más recientes cuanto más pobres en hierro y más claras son. Hace veinte años, Huttenlocher había ya llamado la atención sobre una parecida disminución del contenido en hierros de las blendas en el curso progresivo del metamorfismo de la orogénesis alpina. Las blendas muestran siempre una luminiscencia en U. V. amarilla o anaranjada muy viva.

Forma de presentarse:

La presencia de yacimientos hidrotermales secundarios es siempre presumible allí donde en el subsuelo existen, real o probablemente, zonas variscas, con menas sobre las cuales descansan un país tabular y un país plan con estratos subhorizontales fracturados epirogénicamente (corrientemente con estilo sajón). Esta cobertera puede presentar también, localmente, algunas dislocaciones más importantes, pero éstas no presentan en general nada más que un carácter local y pueden estar en relación con diapiros de sal o de anhidrita, por ejemplo. Los dominios, a veces recubiertos por miles de metros de capas continentales o marinas, son dominios de subsidencia; corresponden a los parageosinclinales de Stille.

Se encuentra ahora en estas regiones diversos filones de minerales y de menas en ciertas fracturas de dislocación de las rocas esquisto-arenosas, en tanto que existen yacimientos de reemplazamiento en las rocas carbonatadas que siguen las zonas de trituración. Lo más corrientemente, sólo algunas direcciones están mineralizadas. Así, en la gran meseta Jurásica-Triásica que se extiende entre la Selva Negra, los Vosgos, Macizo renano al Oeste y el Harz, la Thüeringer Wald, Erzgebirge y el Macizo Bohémico al Este, solamente presentan mineralizaciones en las fallas NW - SE de dirección hercénica, con filones hidrotermales secundarios (parcialmente pseudomorfizados por cuarzo) de baritina y limonitas raras de hierro y de manganeso (Schneiderhon 51). Sobre la vertiente NW de la Selva Negra, en Wiesloch, al sur de Heidelbergh, se encuentra un yacimiento de reemplazamiento secundario aislado en el Muschelkalk (50). Al Este, cerca de Neubulach, existe un yacimiento de baritina con bismuto, Ag, Cu, As, Sb, en el Bundsandsstein (areniscas abigarradas). Toda una serie de yacimientos hidrotermales secundarios con menas de plomo y de cinc se encuentran en las rocas carbonatadas jurásicas y cretácicas situadas alrededor del *Macizo Central francés*, en particular sobre la vertiente SE de los Cebennes (Raguin 42). (Raguin 43) ha mostrado igualmente las relaciones de numerosos yacimientos de la cobertera con las «fallas vivientes».

Los yacimientos de cinc y plomo de *Túnez, Argelia y Marruecos*, grandes e importantes desde el punto de vista económico, tienen verdaderamente un origen hidrotermal secundario (se da una visión de conjunto en Glangeaud (21) y Jouravsky (26)). En estos países, estos yacimientos están situados en las capas cretácicas y terciarias, capas débilmente plegadas y fracturadas. Aparecen sin embargo algunas líneas de dislocación más intensas con estructuras diapíricas. Las largas cadenas del Atlas pertenecen ya al subgrupo siguiente: orógeno regenerado de tipo alpino. A lo largo de una de las más grandes líneas de discontinuidad que se puede seguir a través de la mitad de África del Norte, a partir de la villa de Túnez, en dirección W.-SW., se encuentran grandes yacimientos minerales recientemente estudiados de una forma detallada por J. Bolze (1). En un estudio reeditado con mi colaboración (J. Bolze), ha considerado el origen hidrotermal secundario como la explicación más plausible. Piensa que este mismo criterio puede ser aplicado también a los demás yacimientos postríasicos de África del Norte. El límite meridional de toda la zona mineralizada que corresponde a una de las «*leit lignes*» (líneas directrices) tectónicas persisten en un «*lineament cardinal*», de H. Stille (62), que existía ya desde la dislocación algonquiense. Stille la designa con el nombre de Kleinsfrika-Linie (línea del África Menor); está situada sobre el borde meridional externo del viejo sinclinal europeo. Yo considero como uno de los argumentos más importantes para la existencia de los yacimientos hidrotermales secundarios el hecho que esta línea, formada durante el algonquiense superior, es todavía hoy día un elemento tectónico viviente y que du-

rante el Terciario superior se han acumulado yacimientos importantes sobre ella y sobre otras paralelas. Más lejos, en el centro de Marruecos occidental, el viejo zócalo varisco aparece con granitos, etc., y presenta numerosos filones primarios de plomo y cinc con calcopirita, menas de antimonio, plata fluorina y baritina. Esta debe ser la facies primaria que fue más tarde reprecipitada y regenerada en las rocas carbonatadas de cobertura, siguiendo las «leit-lignes» persistentes, después de una movilización creciente y una precipitación selectiva con pérdida de hierro creciente de la blenda.

Pasando revista a las regiones de la tierra donde los yacimientos tienen una posición geológica comparable, sin duda se descubriría todavía un cierto número de yacimientos a los cuales se aplicará el diagnóstico de hidrotermales secundarios. Se puede suponer que este es el caso de vastas regiones en el *Asia rusa*.

De acuerdo con su posición geológica y sus características mineralógicas, se sospecha, con razón que otros dos distritos mineros sean de origen hidrotermal secundario: son los yacimientos de *plomo y cinc de Alta Silesia* y los del distrito *Missouri-Mississippi*. En particular hay buenas razones para creer en una regeneración del subsuelo varisco en la Alta Silesia. De acuerdo con W. Petrascek, las menas se habrían depositado en el Muschelkalk durante la fase eozúrica de la formación de las montañas del Kimeridgense.

Sería absolutamente necesario encontrar un plutonismo propio para estos yacimientos, pero su existencia no siempre puede ser probada. Es muy posible que el lugar del depósito primario de las menas se encuentre en el varisco subyacente que se extiende incluso más lejos, hacia el Este, hasta las montañas medias de Polonia. Las menas actuales son hidrotermales secundarias en el sentido de la teoría de su formación, discutida en detalle en mi «Tratado», págs. 573-579.

Las menas del Mississippi-Missouri han suscitado igualmente muchas hipótesis mineralógicas y geológicas. Es posible que sus raíces primarias pertenezcan al mismo ciclo varisco que las mineralizaciones de los montes Ouachita. Es posible también que ellos hayan sido ya regenerados en una época relativamente reciente, en la que han sido redepositadas en la cobertura de edad paleozoica reciente: se pueden utilizar en el mismo sentido los nuevos trabajos de Carrels, que hacen jugar el papel principal a los complejos en las soluciones (1) (pág. anterior). La blenda bajo la forma de blenda coloidal está todavía casi desprovista de hierro y muestra una luminiscencia extraordinariamente elevada.

2) Yacimientos regenerados de tipo alpino en los orógenos recientemente regenerados:

Durante la regeneración más reciente se desplaza de manera importante el conjunto de los elementos, y con ellos el antiguo «stock» de menas contenidas en el orógeno varisco subyacente; estas menas pueden entonces ser, total o parcialmente, completa o selectivamente, redepositadas en el nuevo

orógeno de tipo alpino. Hay que distinguir entonces dos casos: por una parte, el magmatismo sinorogénico con volcanismo subsecuente se ha reducido mucho o incluso no está presente, como en los Alpes occidentales y orientales; por otra parte, este magmatismo está presente en gran escala, como en los dináridos entre otros puntos.

a) Yacimientos regenerados de tipo alpino en los orógenos con magmatismo sinorogénico reducido y sin volcanismo subsecuente (mineralizaciones alpinas en sentido restringido).

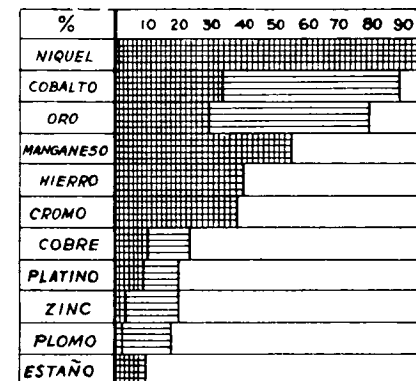
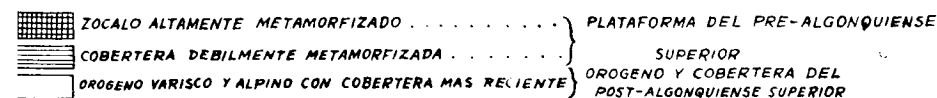


FIG. 5.- REPARTICIÓN DE LOS METALES EXTRAIDOS EN 1929, DE LAS UNIDADES GEOTECTÓNICAS (COPIADO SEGUN F. BLONDEL 1936)



Tomaría el arco alpino como el mejor ejemplo de este caso. En los Alpes occidentales hay, sin duda alguna, entre los diferentes macizos de granitos éisicos, plutones variscos; ellos pertenecen, con su cobertura de esquistos y otros sedimentos antiguos, a la orogénesis varisca. En los Alpes orientales usualmente, se considera generalmente los núcleos centrales de los Tauern de los alrededores como varisco, aunque opiniones contrarias relacionándose con el Terciario no faltan. Es incontestable que existe en todos estos viejos macizos importantes índices de una recrystalización reciente, como la «crystalización de los Tauern» y la albitización extendida en los macizos centrales: los Alpes occidentales.

Nosotros hablaremos separadamente de los Alpes orientales y occidentales.

Alpes orientales.

En lo que sigue querría exponer rápidamente, y más o menos en el orden cronológico, las opiniones hasta ahora sobre los yacimientos alpinos y sus relaciones genéticas.

1. Granning (22), en 1922, propone que de las zonas E - W, en las cuales una misma paragénesis mineral correspondería aproximadamente al mismo nivel geológico. Establece cinco unidades geológicas y nuevas zonas metalogénicas. Pueden existir ciertas relaciones con la estructura de la cobertera que él supone análogo a la de los Alpes occidentales.

2. W. Petraschek (39-41) hace resaltar desde 1926 la edad reciente de la mineralización alpina. Ella es postectónica entre el plegamiento austriaco y el de la Save, del Terciario inferior al Terciario medio. Desde 1928 hace resaltar la disposición formada, pero no la deriva de la disposición en zonas petrográficas. Los grandes pliegues y otras deformaciones no son más antiguas que las demás, solamente existe una trituración más reciente. Se encuentran algunos yacimientos antiguos preectónicos poco numerosos. Petraschek concluye que la edad es única, con las afinidades y transformaciones de materia, y hace resaltar zonas metalogénicas evidentes, mostrando en yuxtaposición lo que estaría en realidad en superposición. Estas zonas son verdaderas «etapas de formación», que se han formado por un aporte homogéneo de constituyentes volátiles. En los trabajos ulteriores él desarrolla siempre más ampliamente estas ideas y considera también la siderosa y también la magnesita, lo mismo que las menas de cobre y de níquel, como partes integrantes, completamente válidas, y la secuencia. En lo que concierne al magmatismo que se relaciona con ella, piensa en un plutonismo al cual estarían ligadas las andesitas alpinas: añade a esto un sistema de fracturas intensas y profundas que habían producido las vías de ascensión más favorables. Contrariamente a Clar, él no da ninguna significación al metamorfismo en lo que concierne a la repartición y a la formación de las menas.

3. Schwinner (55-57). Contrariamente a la hipótesis unitaria de Petraschek, Schwinner relaciona cada grupo de yacimientos a un centro magmático e imagina también un plutonismo de diferentes edades. Pone la magnetita en relación con rocas ultrabásicas. En seguida sobrevendrían varias fases magmáticas diferentes, cada una de las cuales tendría su fase de mineralización. De donde la disposición zonada aparente en gran escala.

4. Tornquist se ha basado sobre el estudio microscópico de las menas de los yacimientos y ha tratado de llevar muy lejos la diagnosis diferencial. Admite varias fases de mineralización que se diferencian por su edad y por sus características microscópicas: el magma de aporte se ha supuesto que sea un gran reservorio magmático en relación con rocas de expansión pannoica, poseyendo, sin embargo, varios ciclos de mineralización. Cada ciclo tiene su

repartición zonal propia, pero no coincide con las líneas tectónicas. La mineralización visible actualmente está desordenada, porque varias fases cíclicas se han superpuesto unas a otras, dando el esquema siguiente:

CUADRO 4

Distribución de los yacimientos en el tiempo de los Alpes Orientales, según A. Tornquist 70

F A S E	P E R I M A G M A T I C O		A P O M A G M A T I C O	
	Metales	Yacimientos	Metales	Yacimientos
MUY ANTIQUA	Fe	Huttenberg		
MÁS RECIENTE				
1. Cretacio superior (= Tonalítico)	Ag, Sb,		Pb, Zn	Rabenstein
2. Mioceno inferior (= Andesítico)	Sb		Pb, Zn Hg	Schonstein Idria
3. Mioceno (Delante del borde Oriental)	Sb	Schlening Burgenland	?	
4. Plioceno.	Au, As, Co, Ni	Hohe Tauern Schladming	Pb, Zn	Bleiberg Kreuth Raibl

Al lado de bastantes hechos contestables (la edad de Raibl, por ejemplo), una afirmación de Tornquist concerniente a las menas de Hohen, Tuern (71), es, sin embargo, muy interesante, y, sobre todo, ha sido enteramente confirmada por otros estudios microscópicos, reconociéndose siete fases de mineralización en las cuales el oro y la plata habían sido transportadas, asistiéndose de una fase a la otra a un enriquecimiento en la plata, y el oro ha emigrado siempre más lejos en los minerales de las menas más recientes. Nosotros hablaremos ulteriormente, una vez todavía, de este descubrimiento importante.

5. Clar y Friedrich (10), 1933. Ellos crearon en la discusión sobre la génesis de la mineralización de los Alpes orientales, una etapa nueva, tomando como centros de mineralización los dominios del metamorfismo más inten-

sos, denominados áreas de cristalización. Pero, por otra parte, habrían existido aportes magmáticos intrusivos. Friedrich (18-20), en 1949, y en una contribución a la discusión realizada entre Schwinner y yo, ha tratado particularmente de las relaciones entre mineralización y tectónica. Por medio de ejemplos bien estudiados han demostrado la relación de yacimientos o grupos de yacimientos dados con ciertas zonas de movimiento, como planos de deslizamiento (¿capas?) y líneas de tectónica general. Es preciso, además, considerar numerosas influencias de carácter tectónico local. Existen en cada caso relaciones determinadas entre la estructura plegada y la estructura en capas, de una parte, y la mineralización, de otra. La tectónica de tipo germánico juega también un gran papel. Contrariamente a Tornquist, él admite una sola edad para los yacimientos que se han formado generalmente en la parte final de la fase principal de formación de la montaña, y éstos persisten todavía un poco. El foco magmático general para los Alpes orientales presenta varias apófisis. Pero todos los yacimientos no han nacido directamente de emanaciones magmáticas; al contrario, el metamorfismo ha atacado parcialmente, en primer lugar, las peridotitas, liberando así soluciones magnesianas y produciendo de esta manera yacimientos de talco magnesita. Por consiguiente, Friedrich (20) muestra aún una vez explícitamente el papel de las «Überschiebungsdahnen» (1), en cuanto constituyen planos de mineralización en los Alpes orientales. En los orógenos antiguos este papel es siempre mínimo, pero es justamente muy característico para una montaña del tipo de los Alpes.

Clar (11) publicó un trabajo reciente, aparecido en 1945, en resumen preciso y exacto de la situación actual. Hace resaltar una vez más, de manera particularmente viva, las relaciones entre la mineralización alpina y el metamorfismo de las rocas.

Como se admite que el metamorfismo «alpídico» es un fenómeno capital e indivisible, esto hace que el fenómeno de mineralización sea uniforme. El granito central no es, sin embargo, el suministrador de menas; al contrario, el mismo está implicado en el metamorfismo, y la mineralización no es de esta manera nada más que una manifestación magmática, la cual acompaña a la fase principal del movimiento o la sigue. Ella puede solamente estar subordinada a los trastocamientos de la tectónica profunda en la fase principal de estos movimientos, en sus cambios de temperatura y en la circulación de sus soluciones. Los yacimientos alpinos no son entonces nada más que yacimientos magmáticos puros. Una parte grande de ellos pertenecen al grupo de los hidrotermales secundarios e incluso pseudohidrotermales, es decir, a los que se producen en realidad bajo condiciones hidrotermales, pero en un ciclo metamórfico. La formación de la magnesita puede incluso corresponder, de

(1) Superficies de cizallamiento.

acuerdo con Clar, a la fase varisca. Para terminar, Clar se preocupa todavía de la clasificación sistemática de estos yacimientos y llega, independientemente de mí, a una clasificación semejante a la que yo he precisado de manera más rigurosa, ulteriormente, en mis «Kursvolesungen».

6. Angel (2) ha expresado, en colaboración estrecha con Friedrich y Clar, antes al mismo tiempo, opiniones comparables pero aún más fundamentadas, y se aplican en particular al origen del hierro y a la formación del Erzberg (Stiria). El granate, la estaurótida y la biotita han perdido su hierro en el curso de la cristalización de los Tauern y de la diaforesis del viejo medio cristalino. Las rocas eloritomagnesianas se han formado a partir de rocas de origen, y las potentes masas de siderosa se han formado a partir de soluciones que contienen hierro liberado por metasomatosis de las calizas.

7. G. Dal Piaz (14, 15), A. Bianchi (6) y D. Di Colbertaldo (12-15), suponen para los yacimientos de los Alpes orientales y meridionales una gran masa batolítica terciaria, a la cual pertenecerían los diversos cuerpos intrusivos como Adamello, etc., que habrían hecho intrusión durante la pausa tectónica entre el Oligoceno y el Mioceno. Los yacimientos forman parte de su cortejo. D. Colbertaldo ha demostrado que la edad de Raibl, en particular, estaba comprendida entre el Oligoceno y el principio del Mioceno.

8. Mi propio punto de vista anterior, ha sido expuesto en mi «Tratado» de 1941; después, más recientemente, en mi respuesta a Schwinner, se refería en primer lugar, estrechamente, a este de Petraschek. En este momento yo no puedo considerar, aún viéndolo con ojos de amigo, la formación de las masas de siderosa por metamorfismo, tal como Angel la quería hacer derivar. Lo mismo que en la magnetita, yo lo interpretaba como un término normal de un cortejo magmático. En la segunda edición de mis «Cursos abreviados» yo he, a pesar de todo, considerado como posible la formación de la magnesita a partir de soluciones movilizadas por metamorfismo.

En el intervalo, he modificado sensiblemente mi punto de vista sobre la mineralización de los Alpes orientales, basándome sobre los trabajos más recientes, en particular los de Clar, Friedrich y Angel, y sobre mis propios estudios; lo he hecho entrar en el cuadro general de la clasificación basada en la geotectónica. Hoy día me parece que ninguna hipótesis única de las expuestas hasta ahora es suficiente, y que no se puede emitir ninguna consideración exclusiva según un hecho exacto. Más bien, cada uno individualmente contiene un «núcleo» exacto y es posible, como creo, reunirlos todos en conjunto en una síntesis que satisfaga todos los puntos de vista.

Las nuevas corrientes de ideas se resumen a continuación:

1. Los yacimientos minerales de los Alpes orientales (incluyendo los Alpes occidentales, que serán estudiados separadamente más lejos), son todos de origen varisco primario. Están distribuidos en grande de una manera zo-

nada, según el elemento y el lugar, alrededor de un número bastante pequeño de masas graníticas batolíticas distintas, que pertenecen al magmatismo varisco sinorogénico a postorogénico.

2. Este viejo orógeno varisco, con los antiguos batolitos y sus aureolas de menas, fue en seguida regenerado, en el sentido de H. Stille, por el orógeno alpino. La regeneración fue de intensidad muy variable, siguiendo la profundidad variable del hundimiento en puntos diferentes.

3. En el curso de esta regeneración se realizaron *movilizaciones de materiales* que alcanzaron proporciones muy variables. En el caso más simple, fueron deformaciones intercrystalinas e intercambios interminerales en el interior de los yacimientos mismos; en una fase extrema se llegaría a una disolución total de todo el contenido de los yacimientos y a un transporte a las zonas más elevadas, donde ha podido producirse un depósito selectivo lejos del lugar de origen. Pero conjuntamente con las menas, sucedió lo mismo con las masas constitutivas más o menos importantes de las rocas de la región; éstas fueron igualmente, localmente, fueron preparadas para su movilización en proporciones variables, exactamente en el sentido de Clar y Friedrich. Las soluciones así producidas se mezclarían más o menos a los componentes de los yacimientos, y podían realizar ya una acción más disolvente, ya una acción más precipitante. La intensidad de esta reacción era la más marcada en algunas épocas donde el hundimiento era más profundo y donde reinaban, como consecuencia, temperaturas más elevadas. Otras *reacciones retrógradas* se han podido, sin embargo, realizar en el curso del ascenso y del enfriamiento, haciendo inestables ciertas paragénesis de un dominio de presión y de temperatura más elevadas. Como consecuencia de ello se origina una liberación de soluciones en el sentido de Angel.

4. Grandes masas de rocas encajantes fueron alcanzadas por estos fenómenos, por ejemplo después de la *crystalización de los tauern* y de la *serpentinización* de las rocas ultrabásicas. Los antiguos yacimientos se encontraron en condiciones tectónicas variadas. Si en el curso de la orogénesis alpina, los *antiguos elementos tectónicos* que existían ya con la mayor parte de los filones mineralizados, fueron más o menos afectados, los antiguos yacimientos lo fueron simplemente con una selección variable, transportados hacia arriba, a lo largo del *mismo plano y proyectados hacia arriba* en la superestructura. De allí proviene la distribución zonada que los adversarios de la mineralización unitaria habían ya reconocido en contra suya, y que no es necesario discutir más, como lo ha dicho Clar. Pero, por otra parte, estos fenómenos produjeron *una turbulencia característica* y una *confusión del tipo de menas*. Se observa en toda la provincia metalogénica alpina, que siempre existen bastantes anomalías y desacuerdos notables en los detalles del comportamiento de los minerales. Hay, observando con atención, muchas excepciones con relación a otras provincias. Las zonas se recubren de una manera tan destacada que Schwinner, y también Petraschek, han debido recurrir a

una hipótesis de «socorro» y a la existencia de múltiples salidas magmáticas. Todos estos fenómenos se explican fácilmente por una regeneración en la cual la duración y la intensidad han variado en amplios límites en el curso del «transporte». Aquí empieza también la migración del oro descubierta por Tornquist y «tomando en carga» sulfuros siempre más recientes, con enriquecimiento simultáneo en plata. Esto tuvo lugar, según mi manera de ver, en el comienzo de una serie de transformaciones, en la cual se realizó otro proceso: la formación de yacimientos monominerales, exclusivos, con blenda casi desprovista de hierro, como en Euronzo y en Raibl. Se puede explicar de la misma manera la notable pureza y la falta de plata de la galena, por ejemplo, la de Bleiberg, y la pobreza en manganeso de la siderosa de los Alpes orientales. Las paragénesis dignas de notarse son entonces comprensibles: la asociación de filones hidrotermales de Pb, Zn, Cu, con minerales de titanio (formación titanífera alpina), con apatito o la presencia simultánea de calcopirita y sulfoarseniuros de níquel en Mitterberg y Kistzbuhel.

5. Pero de esta teoría de la regeneración se deduce fácilmente la correlación interna importante con las verdaderas «*leitlignes*» tectónicas (direcciones tectónicas permanentes) de la orogénesis alpina dirigidas completamente de otra manera, con superficies de cizallamiento de las superficies de deslizamiento, con zonas milonitizadas y con la tectónica subsecuente de tipo germánico. Esto resulta de manera múltiple de una disposición completamente no habitual en la distribución de los yacimientos, cuando nosotros salimos de los batolitos homogéneos y de sus series zonales. Los dos factores *interfieren* simplemente el uno con el otro.

6. Vistos bajo el ángulo de la regeneración, la *posición actual* de los yacimientos alpinos, en lo que concierne a su edad, son genéticamente considerados *totalmente sin importancia*. Se pueden ver, naturalmente, todos los grados de antigüedad, desde el Pérmico inferior hasta el Mioceno superior. Porque los yacimientos han podido quedar allí donde se habían formado en el Pérmico inferior, o bien pueden haber emigrado un poco hacia arriba o haber sido transportados lejos o, en fin, por otra parte, encontrarse en cualquier tipo de rocas desde el Triás, Jurásico-Cretácico hasta el Terciario medio; pueden todavía quedar situados en las fisuras de tipo germánico más recientes. Añadamos a esto, además, que varias regeneraciones fraccionadas y reprecipitaciones son completamente posibles.

7. *La movilización metamórfica* ha afectado a grandes masas de rocas y ha liberado igualmente, como ya lo he indicado, materiales que se han concentrado de nuevo, por otra parte, para volverse a redepositar en seguida de manera selectiva. En el cuadro de esta teoría de la regeneración pueden también producirse concentraciones de yacimientos en relación con fenómenos de crystalización regionales, como Friedrich y Clar lo suponen para la magnésita, y asimismo está enteramente en armonía con esta teoría de la regeneración la hipótesis de Angel sobre la formación de masas de siderosa. Las

transformaciones en tales masas a alta concentración constituyen las *sideritizaciones* y *hematizaciones* ampliamente repartidas en los Alpes occidentales, interpretadas de la misma manera por Büttenlocher hace ya bastante tiempo; O. Friedrich menciona en su discusión que eran explicables de la misma manera, igualmente, la disseminación de los minerales de *níquel* y de *romo* (Fuschita), del *apatito*, *turmalina* y *minerales titaníferos*, lo mismo que la *ankeritización* muy ampliamente repartida.

8. Por lo mismo, no hay lugar de deformar el problema del magmatismo perteneciente a la mineralización alpina. El plutonismo varisco que existía, ciertamente, en todas partes bajo el antiguo arco, era realmente primario. En los Alpes occidentales se muestra sobre amplias extensiones todavía no removilizadas. Frecuentemente lleva fuertemente impreso la marca de los fenómenos alpinos. Se encuentra en todas partes también un magmatismo básico y ultrabásico ampliamente repartido en el Oeste y en el Este, que algunas veces queda completamente inalterado y otras veces profundamente transformado e «impregnado». El problema de un plutonismo reciente único para un grupo de yacimientos determinados, no se plantea entonces nada más que de una manera muy aguda.

9. Yo resumo mi teoría en dos «Leitphrasen»:

1) La primera sentencia está mejor caracterizada por las palabras de Clar en 1915: «Nosotros, podemos hoy día considerar la mineralización «alpina», al mismo tiempo que el metamorfismo «alpídico», como un resultado de los trastocamientos tectónicos profundos de la fase principal del movimiento «alpídico» y de los cambios de temperatura y movimientos de soluciones en relación con ella.»

2) Yo añado esto: «Las menas primarias existían ya desde el comienzo de esta «fase principal del movimiento» alpídico, y ellas estaban entonces incluidas en el orógeno antiguo regenerado más tarde «alpídicamente», constituyendo zonas metalíferas variscas. Por consiguiente, han sido solamente vueltas u ordenar y remineralizadas «alpídicamente», de una manera y con una intensidad muy variable. No hay nada más que añadir, más tarde, a los yacimientos que provienen de la recristalización metamórfica y de la diaforesis, en primer lugar la magnesita, y también las masas de siderosa. Los otros yacimientos solamente son más o menos desplazados y, por otra parte, descompuestos con fraccionamiento.»

Alpes occidentales

El trabajo principal sobre esta región es debido a Hüttenlocher, 1931 (24, 25), el cual saca grandes conclusiones análogas en numerosos detalles, aunque una conclusión general falta todavía. Es preciso hacer resaltar de su trabajo los resultados y las conclusiones siguientes, que se insertan en una nueva teoría:

1. Existen condiciones preliminares de *tectónica general* para la formación de provincias metalogénicas. Los factores de tectónica general más favorables para el ascenso de soluciones importantes son la separación de los pliegues y la intercalación de capas de gravedad. Los complejos plegados compactos son desfavorables.

2. Una facies de *tectónica local* condiciona una distribución zonada en estrecha relación con los fenómenos de plegamiento y de tectónica (¿deslizamiento?) durante la orogénesis alpina. Así, en los Alpes occidentales algunos ejes de movimiento se encuentran en relación con capas de deslizamiento, donde la mineralización aparece, y también en relación con cambios cristalinos. Esta relación estrecha entre la mineralización y las capas de corrimiento, y las transformaciones metamórficas, es un fenómeno asociado bien caracterizado en la historia de los pliegues alpinos de los Alpes occidentales.

3. Las condiciones preliminares petrográficas internas de los yacimientos son: rocas magmáticas particulares determinadas, posibilidades de fijación en las estructuras sedimentarias; por ejemplo, la riqueza en calizas y en dolomías, la aparición de horizontes almacenes, etc.

4. Hüttenlocher, de esta manera, *ha esclarecido enteramente* el problema de la mineralización alpina desde el *punto de vista tectónico metamórfico*. Pero, de otro lado, aparece una gran *incertidumbre* en su interpretación, cuando él intenta clasificar los yacimientos de acuerdo con su contenido. El mismo confiesa que existe una confusión genética y vuelve en seguida a una clasificación más tectónica por zonas, conformes con el arco alpino interno y externo. Hay en cada zona, a la vez, una individualidad tectónica específica. Los mismos caminos de movimiento y de circulación, una composición petrográfica semejante y también paragénesis minerales análogas.

5. En lo que concierne a la *edad actual* de los yacimientos de los Alpes occidentales, es donde reside generalmente la menor importancia. Pero Hüttenlocher emite, además, la siguiente suposición, muy de hacer notar: «Los yacimientos aislados pueden ya haber sido formados en la época hercínica.» En otros casos, él llega a establecer relaciones directas con rocas variscas más o menos metamorfozadas como, por ejemplo, en la zona de Ivree. Frecuentemente llama la atención sobre los caracteres postectónicos y posmetamórficos de la formación de algunos yacimientos.

Así, en la zona de Ivree se encuentran, al lado de yacimientos antiguos variscos, yacimientos recientes puramente alpinos de aspecto casi semejante, en rocas completamente análogas; los dos grupos no se pueden distinguir entre sí nada más que por una diagnosis diferencial muy precisa, pero entonces esta distinción es realmente exacta. Extremadamente interesante es el hecho que en una región realmente extensa, la siderosa juega de manera repetida el papel de mena la más importante, impregnando también, muy frecuentemente, muchas otras rocas. El (Hüttenlocher) hace otra alusión a un origen metamórfico, exactamente como Angel. Para los otros yacimientos

establece una «mineralización compleja, que puede ser un «rejuvenecimiento». De los filones existentes, tales como los que se encuentran en el cristalino, se prolongan en las capas carbonatadas subyacentes de la cobertera, dando origen a yacimientos de reemplazamiento limitados en las zonas superiores por esquistos suprayacentes.

6. Sus investigaciones, muy profundas, sobre el *comportamiento diferente* que presentan la *galena* y la *blenda después de la movilización tectónica*, son muy importantes. La distinción basada sobre los planos de deslizamiento bien marcados de la galena y sobre fragilidad de la blenda es, ante todo, *puramente mecánica*. Pero la diferenciación *química* es aún más importante. En el curso de una movilización tectónica creciente, la blenda se hace cada vez *menos ferruginosa*, aunque los yacimientos residuales contienen una blenda muy clara desprovista de hierro. Es por lo que se forman, en la proximidad o parcialmente un poco más lejos, por otra parte, nuevos yacimientos de magnetita o de pirrotina, o bien se produce una *sideritización* regional muy extensa de los esquistos de Casanna. Las dislocaciones faltan totalmente en esta blenda clara. Cuando existen en los viejos yacimientos primarios *menas* de cobre, éstas emigran igualmente y forman índices recientes de cobre independientes. El hierro es movilizado a partir de carbonatos ankeríticos, y las consecuencias son una *hematitización* regional de los alrededores. Se producen entonces también en los Alpes occidentales las *mismas singularidades, empobrecimientos y degeneraciones* de los nuevos yacimientos recientes que en los Alpes orientales.

En resumen, nosotros diremos lo que sigue: Las observaciones de Huttenlocher que se relacionan a centenares de yacimientos, están en contradicción con una teoría aquí admitida de una mineralización joven, puramente magmática. Pero cada contradicción se resuelve fácilmente si se considera los yacimientos como regenerados, de la manera que Huttenlocher lo había ya sugerido parcialmente.

Observaciones comparables, que pueden ser interpretadas de esta manera, se encuentra aún en trabajos bastante importantes sobre los yacimientos de los Alpes occidentales; provienen la mayor parte de los tiempos de la Escuela de Berna. Es preciso, además, llamar también la atención sobre las *albitizaciones* anchamente repartidas en el granito del Monte Rosa, recientemente descritas por Bearth (1b) y completamente comparables, genéticamente, a la cristalización de los Tauerns.

b) Yacimientos regenerados de tipo alpino en los orógenos con magmatismo sinorogénico dominante e intenso volcanismo subsecuente.

En muchos otros orógenos alpinos, la parte del magmatismo pre, sin y postectónico es considerablemente más grande que en los Alpes. Habrá entonces más probabilidades aparentes para que el contenido metálico varisco existente en el subsuelo sea regenerado de nuevo, de manera particularmente intensa, porque las corrientes de las soluciones movilizadoras pueden enton-

ces ser «tomadas en carga» por el magma, lo mismo si es juvenil o palingénico. Las soluciones circulantes que transportan metales son atraídas con una intensidad más grande hacia los centros siálicos y graníticos, por lo que puede producirse una simple granitización, llevadas por frecuentes térmicos o químicos al estado semisólido, o por simple difusión al estado sólido, o bien también por una anatexia que haya existido. En los alrededores del magma granítico solidificado o granitizante, se separan entonces *de nuevo* los metales, como si hubieran sido llevados al estado juvenil. Se dispone, por consiguiente, en forma de una mineralización zonal completamente semejante a la que se hubiera producido si hubiera existido una verdadera provincia metalogénica. Pero no falta jamás, tampoco aquí, *disposiciones* particulares *vagas e imprecisas*. La paragénesis estará singularmente empobrecida, el contenido de metales será *unilateral, monótono y uniforme*, porque cuando la disolución de los antiguos yacimientos primarios y la «toma en carga» de las soluciones circulantes en el magma joven, en la reprecipitación «regenerante», toda clase de sustancias son retenidas en el camino y se disponen de manera fraccionada en una paragénesis independiente, o bien desaparecen completamente por difusión. Todos estos fenómenos de disolución, transporte y precipitación ofrecen una abundancia de posibilidades de fraccionamiento. Naturalmente, predominan ciertas tendencias de concurrencias de elementos semejantes, los cuales son muy parecidos a los que existían también en las soluciones hidrotermales primarias. Es por lo que estos yacimientos regenerados presentan siempre analogías, pequeñas o grandes, con los cortejos de facies magmáticas verdaderas. Pero la diagnosis diferencial crítica y más precisa mostrará en todas partes evidentes fenómenos de *disolución, degeneración y empobrecimiento*. Ellos representan el *primer criterio importante* para los yacimientos regenerados del orógeno alpino regenerado.

En mis «Cursos abreviados» de 1944 había insistido sobre un segundo *carácter distintivo* todavía más digno de notarse. Al contrario de las paragénesis mencionadas precisamente, pueden presentarse, por otra parte, pero también inhabitualmente, *combinaciones policromas irisadas*, asociaciones metálicas precipitadas, o incluso de una sola clase. Allí se encuentran leyes bastante grandes de estaño, wolframio y bismuto en los yacimientos sulfurados de cobre, plomo, cinc; leyes elevadas de antimonio y arsénico en los yacimientos de pirita, cobre y plomo; contenidos elevados en oro en los yacimientos de plomo, cinc; menas de berilio en los yacimientos sulfurados, y también contenidos mencionados un poco más altos en minerales titaníferos, en apatito y turnalina en los yacimientos sulfurados. Pero todos estos casos se explican fácilmente si se imagina que en las paragénesis minerales de cristalización secundaria las soluciones en circulación han podido mezclarse a partir de yacimientos primarios heterogéneos. Una solución en circulación puede comprender constituyentes de pegmatitas y de yacimientos neumatóliticos, por una parte, y por otra constituyentes de filones hidrotermales. Si

esta solución cristaliza, se encuentran reunidos en el mismo yacimiento elementos y minerales heterogéneos.

Estas dos características destacables han sido ya mencionadas en varias ocasiones, pero sin que la conclusión sobre un yacimiento regenerado haya sido realizada. Se hace, por ejemplo, resaltar para los yacimientos balcánicos un comportamiento unilateral en lo que concierne al cobre, con una asociación típica de cobre y arsénico, o la gran extensión del arsénico en los yacimientos de los Alpes orientales, sobre lo cual Schwimmer llamaba la atención (55). En los dos casos, el cobre y el arsénico no podían provenir de dos «corrientes de soluciones» heterogéneas. El cobre de yacimientos mesotermales del subsuelo, el arsénico de yacimientos catatermales. Como ejemplo más sorprendente, en lo que concierne al segundo criterio, he mencionado ya en mis «Cursos abreviados» los yacimientos bolivianos, con su combinación única de estaño y plata.

Se puede siempre, en tales eventualidades, examinar de manera muy típica la posibilidad de yacimientos regenerados en un orógeno alpídico reciente. Además los yacimientos bolivianos, y al lado de éstos los dináridos y balcánicos [cf. los recientes trabajos de Cissarz (9), W. E. Petrasch (38), Sechumcher y colaboradores (54)], existen también, todavía, mejores razones para dudar de lo que concierne a los yacimientos japoneses de oro y plata. Están situados del lado NW. del arco subvolcánico interno posmioceno inferior, en el cual aparecen la menas negras (black ores) japonesas particulares y casi completamente monometálicas. De manera característica se encuentran igualmente sobre el borde meridional de esta zona, los yacimientos completamente únicos de cobre y de estaño de Alkenobe.

La teoría de la regeneración podría ser aplicada también a una gran parte de los yacimientos indonésicos, en los cuales los magmas subvolcánicos están, en gran parte, considerados por los geólogos holandeses como palingénicos. En los haces de pliegues indochinos, hasta Borneo, se encuentran verdaderos elementos de orógenos variscos, con un contenido abundante de menas que han sido transportadas hacia el Este en la zona orógena alpina, que pueden estar ampliamente regenerados.

3.—Estado reaccional para la formación de yacimientos regenerados.

Nosotros solamente haremos una sugerencia en cuanto a las facilidades variscas con las cuales pueden reaccionar los viejos yacimientos en presencia de los orógenos más recientes. Debemos, de acuerdo con esto, hacer la distinción entre las reacciones para formar soluciones de precipitación química y las reacciones formales en las estructuras, recomposición consistente lo más corrientemente en deformaciones.

Resistieron a las «deterioraciones formales» los cuerpos mineralizados y

masas de menas redondeadas en las tres dimensiones y lenticulares, por ejemplo, los yacimientos de cromita o los cuerpos pegmatíticos. Para otros yacimientos mostrarán cada vez más disposiciones para las deformaciones, a medida que tienen forma aplastada y pueden ser fácilmente fraccionados; este es el caso de todos los filones. Químicamente, la aptitud para la formación de soluciones crece con el descenso de la temperatura primaria de formación. Las formaciones magmáticas líquidas, pegmatíticas y neumatolíticas de alta temperatura son, de acuerdo con esto, más largo tiempo preservadas; las formaciones meso y epitermales son, por el contrario, disueltas en primer lugar y reprecipitadas. Así se puede alcanzar, en lo que concierne a los yacimientos de cromo, de ilmenita y de pirrotina níquelífera, que sean los menos transformados por regeneración. Ello supone particularmente elevaciones, transportes a zonas más elevadas de la cohertera de los «Ausschwängungen» (1), trituraciones marginales y otras deformaciones groseras, fenómenos que se observan frecuentemente en los yacimientos de cromo de los Balcanes y de Anatolia. Las pegmatitas son igualmente poco deformables. La mayor parte de los filones hidrotermales son recompuestos, y sus productos de regeneración son, por otra parte, más desconocidos, por cuanto los yacimientos primarios se han formado a más baja temperatura.

Naturalmente, las investigaciones geoquímicas en serie y las reflexiones juegan un papel importante en cuanto a la solución de todos estos problemas, puesto que los elementos raros (en traza) emigran también y son, con frecuencia, directamente utilizables para probar «el parentesco sanguíneo» entre un antiguo orógeno varisco y el orógeno alpino presente al mismo tiempo (sobreimpuesto). Naturalmente, en el curso de la regeneración pueden también emigrar y concentrarse por otra parte, o bien estar totalmente dispersos. En este caso, el mejor análisis de las trazas no constituye ningún dato.

En lo que concierne al balance de los materiales después de la regeneración de los yacimientos, un problema queda dudoso: ¿la suma de los constituyentes volátiles queda constante? ¿Es suficiente que después de la regeneración H_2O , CO_2 y S sean liberados para que se formen soluciones de menas de manera análoga a como se producen juvenilmente? ¿O bien se trata de emanaciones «secas» después de la disolución de las menas regeneradas? Este problema, sobre el cual M. K. R. Mehnert había llamado mi atención, debe ser examinado aún más de cerca, con la ayuda de las paragénesis.

Es preciso, además, examinar con detalle mi hipótesis de trabajo, lo que puede incitar a investigaciones críticas más extensas, a reflexiones y trabajos complementarios sobre numerosas provincias metalogénicas, en consideración a la posición tectónica de los orógenos que entran en juego.

— — —
(1) Estiramientos.

III.—Yacimientos de la serie metamórfica en los viejos escudos precámbricos (yacimientos protogaicos antes de la «dislocación algonkiense»)

En su gran síntesis sobre la evolución geotectónica de la tierra, Stille ha mostrado, en 1949 (65), que el punto de partida de nuestro ciclo terrestre actual (que comprende también el desenvolvimiento principal de la vida sobre la tierra) puede situarse en la *dislocación algonkiense*, entre el Algonkiense inferior y el superior. De acuerdo con la escala de tiempos empleada actualmente, esto ocurriría hace ochocientos veinticinco millones de años, más o menos. El Algonkiense inferior comenzó, aproximadamente, hace mil cien millones de años, y el Cámbrico, es decir, el Paleozoico, datable estratigráficamente hace quinientos sesenta millones de años. Antes de la dislocación tectónica del Algonkiense superior existía la «Megagaa», como la ha denominado M. Stille. Era una masa continental gigante que estaba ya totalmente endurecida y fuertemente enraizada desde los tiempos más antiguos (antearcaicos), de muy larga duración, al menos dos mil millones de años. Este estado final probable no fue interrumpido hasta la dislocación del Algonkiense, que fue una «regeneración de talla colosal» (Stille). En el curso de esta «regeneración», algunas partes determinadas del Viejo Continente senagaico, y en particular las regiones de borde del océano antiguo (anteocéano), se han transformado de nuevo en geosinclinales (fig. 1): éstos fueron entonces sinclinales antiguos (arqueosinclinales), determinantes para nuestra situación presente, a partir de los cuales se han desarrollado los orógenos antiguos (arqueorógenos), en un principio esporádicamente los orógenos caledónicos y después sobre toda la tierra los orógenos variscos. Pero grandes fragmentos residuales enteramente cratónicos de la vieja Megagaa persistieron en este estado. Ellos no serán jamás «sometidos» a una orogénesis y, por tanto, no serán jamás regenerados. Estos son, en gran parte, los gigantescos dominios continentales que se muestran todavía a la hora actual invariables y llamados desde largo tiempo con el nombre de «viejos escudos» o «plataformas», o bien bajo el nombre de «zócalo precámbrico» (Canadá, Brasil, Africa, Fenoscandia (Fino-Escandinavia), Angara en la Siberia septentrional, China central, India peninsular, Australia central y occidental). Estos viejos escudos se componen de rocas metamórficas del prealgonkiense superior, con enormes macizos graníticos interpretados como palingénicos, metasomáticos o granitizados. En estos bloques existen yacimientos minerales extremadamente numerosos, perteneciendo, de acuerdo con los análisis bastante exactos, a varias e incluso a muchas épocas metalogénicas variadas del prealgonkiense superior. He citado en mis «Cursos abreviados» todos estos yacimientos como formando un grupo separado dentro de los *yacimientos de origen metamórfico*, en oposición con los otros, especialmente las descripciones americanas. He intentado

ya precisar, teniendo en cuenta sus características, de establecer una clasificación determinada. En lo que concierne a los yacimientos sulfurados, son, ante todo, el oro, menas piritosas y cupríferas, además, aunque raramente, menas de plomo y de cinc.

La mayor parte son muy complejos, poseen caracteres de origen polimetamórficos y contienen minerales de menas raras y, sobre todo, muchos silicatos. Entre ellos, un grupo está formado por los «Skarnese» (minerales del Skarn). Otros grupos contienen menas de hierro oxidadas y menas raras oxidadas de manganeso. Estas menas de hierro se caracterizan, ante todo, de manera repetida, por una estratificación bien marcada. Muchas veces aparecen en estos viejos escudos cuarcitas ferruginosas estratificadas y esquistos micáceos ferruginosos, interpretados como sedimentos metamorfizados de manera casi unánime. Un grupo más importante está formado por las jaspilitas ferruginosas asociadas con vulcanitas submarinas básicas, y casi siempre atribuidas al magmatismo inicial, submarino, básico. En un cierto sentido, las formas primarias de las menas de hierro del lago superior deben ser añadidas, pero naturalmente serán más tarde transformadas y enriquecidas en gran escala en diversos momentos.

Ahora se plantea la cuestión siguiente: En qué gran grupo de yacimientos es preciso colocar, desde el punto de vista genético, las ocurrencias en zócalo primitivo. En los Estados Unidos, en particular, se ha intentado hacerlos entrar, forzadamente, en el cortejo magmático normal. Se da generalmente, de manera repetida, excesivo valor a todo lo que concierne realmente a los yacimientos del metamorfismo. He mencionado ya, en 1944, como principal característica de estos yacimientos, su *naturaleza altamente metamórfica* acentuada, y podía ocuparme del problema de su origen primario solamente en segundo plano. En todo caso hay una cosa cierta: estos yacimientos de los viejos escudos no pertenecen ni al cortejo magmático ni al orógeno antiguo (arqueo-orógeno), ni a una serie regenerada del orógeno más reciente, de acuerdo con todas sus características paragenéticas y tecturales. Forman un grupo enteramente aparte, teniendo como característica usual y bien visible exclusivamente sus *facies mineralógica y estructural* metamórficas. Como se han de clasificar aparte, esto no constituye un inconveniente para el porvenir. He hecho notar, en una primera aproximación, que los sedimentos antiguos metamorfizados todavía reconocibles como grupo entero; y como grupo más general, los yacimientos **magmáticos metamorfizados** y los yacimientos polimetamórficos. Los trabajos futuros deben tener cuenta las dificultades siguientes:

I. Qué procesos de formación primitivos han prevalecido en los primeros tipos prealgonkienses superiores.

1. En relación con las ocurrencias magnéticas.

2. En relación con las ocurrencias sedimentarias.

II. Estos procesos primarios, ¿eran comparables a los procesos que han

prevalecido después de la dislocación del Algonkiense superior? ¿Los fenómenos de formación de menas semejantes a las de la orogénesis varisca, son los mismos que han prevalecido? ¿O bien se puede probar la existencia de caracteres de otras leyes que han regido estos fenómenos? Podemos estar bastante seguros, afirmativamente, en lo que concierne al último problema sobre la naturaleza de los yacimientos sedimentarios.

Erich Kaiser ha insistido hace tiempo con una energía particular, puesto que, naturalmente, plantas, y, por consiguiente, materias húmicas, faltan totalmente en los primeros tiempos primitivos indicados.

III. ¿Qué procesos de formación y qué grados de intensidad habían prevalecido en el curso del metamorfismo que afectó a estas menas? ¿Cómo se comportan, además, las menas, comparadas a las rocas silicatadas? ¿Cómo el metamorfismo de las menas se introduce en el metamorfismo de las rocas?

Se trata en gran parte de problemas aún no resueltos. Una vez solamente F. Blondell (7) intenta en su excelente libro comprender la particularidad de estos yacimientos muy viejos, pero numerosos problemas no resueltos quedan todavía por esclarecer.

PARTE CUARTA

VISIÓN RETROSPECTIVA SOBRE LAS OPINIONES MÁS ANTIGUAS

En lo que concierne a la literatura, aparece desde el primer golpe de vista, que a decir verdad no he apartado en lo que procede, casi ninguna novedad. En efecto, muchas de las ideas directrices de las «leitphrases» precedentes existen ya en la literatura.

I. Una clasificación geotectónica de los yacimientos ha sido dada, hace un siglo aproximadamente, por el investigador francés L. de Launay (27, 28). Clasifica, por una parte, los yacimientos de acuerdo con sus formas exteriores, sus paragénesis y sus metales, e igualmente según su tipo geotectónico. Distingue los tres grandes grupos de fases: *Huroniana* (nuestro precámbrico), *hercínica* (nuestro varisco) y *alpina*.

En la segunda edición de sus «Minerals deposits», W. Lindgren (30) ha dado un capítulo detallado sobre las épocas metalogénicas y las provincias metalogénicas, capítulo que él aumenta todavía en las ediciones siguientes. En 1933 (31) da una representación muy detallada de sus provincias y de sus épocas para las cordilleras de América del Norte.

Desde 1926 (33) Niggli trata estas cuestiones particularmente a fondo, da una repartición de los yacimientos en relación con las grandes unidades estructurales geotectónicas. Distingue los tres grupos: *Arcáida*, *Palcoida* y *Mesóida*, que corresponden casi exactamente a nuestros grupos: Precámbrico,

Varisca y Alpina. Ha tratado todavía más a fondo estas relaciones con la geotectónica en 1928 (36). Por consiguiente, estas relaciones han sido de nuevo discutidas en numerosos trabajos aislados para diferentes regiones (Andrews (1), Beike (23), Bederke (5), Loughlin (32), Raguin (42), Schneiderhoehn (44), Schunacher y colaboradores (54) y otros). Pero todos estos trabajos difieren de mis ideas en un punto fundamental: Cada orógeno, considerado en particular por los autores antes citados, tendría igualmente, en su opinión, su venida de metales correspondientes a su propio ascenso del magma primario y juvenil. Es lo que Helke (25) ha expresado muy rigurosamente con estas palabras: «Jeden Orogen ist sein Chalkogen beipreortent. Mittler zwischen beiden ist das magma». (A cada orógeno su calcógeno; siendo el medio sin energía el magma). Por «Chalkogen» designa la mineralización de esta época en este lugar, es decir, la combinación entre provincia y época metalogénica.

Pero según mi manera de ver, no existe después de la dislocación algonkiense nada más que algunos orógenos raros que poseen un calcógeno primario y juvenil.

En los tiempos poscámbricos existió en Eurasia el orógeno varisco y en América el orógeno nevado-laramico.

Todos los demás orógenos, especialmente el orógeno alpino en Eurasia y una parte de los orógenos más recientes de América del Sur y del área circumpacífica, están regenerados en el sentido de Stille, en lo que concierne a su contenido metálico. *No poseen ninguna metalización juvenil primaria. Todos sus yacimientos están regenerados secundariamente y "renovados" a partir de yacimientos variscos más antiguos.*

Separados de estos grupos variscos y alpinos por un enorme hiatus, se encuentra una metalización en el Precámbrico o más exactamente en los escudos del Precámbrico superior. Su clasificación, desde el punto de vista geotectónico, es totalmente desconocido. No sabemos tampoco si comprenden uno o varios ciclos.

El fundamento de mi hipótesis es entonces nuevo, y mis teorías no han sido expuestas nunca.

II. Queda todavía por probar qué determinadas ideas, que he desarrollado precedentemente, no habían sido ya expuestas de manera análoga en lo que concierne a los términos extremos de la *granitización* y de la *palingénesis*. Revisando la literatura, naturalmente muy abundante, he podido comprobar que solamente H. Backlund (1) se ha expresado de manera precisa sobre el origen de las menas desde el punto de vista de la granitización (numerosas alusiones son todavía demasiado vagas y demasiado confusas en las publicaciones de otros autores). Pero Backlund no admite nada más que una sola y única época metalogénica y la hace retroceder hasta el Precámbrico. Supone que las menas han sido siempre removilizadas de manera sedimentaria o metamórfica pseudomagmática, y que el antiguo contenido de menas

ha sido refundido sucesivamente varias veces. Se trata aparentemente de una idea diferente de la mía.

III En fin, es justamente su relación con Backlund por lo que este último problema debe ser todavía discutido: Toda la metalización varisca no puede ser también sino una metalización regenerada a partir del Prealgonkiense superior; no se habría producido, en resumen, sino una sola y única «erupción» de metales hace, probablemente, más de mil millones de años, viniendo de las partes profundas de la tierra, en los 20 kms. superficiales; habría sido después «recalentada» en cada orogénesis y regenerada. Esto sería entonces una especie de *«regeneración eterna»*.

Vuelvo a considerar enteramente esta hipótesis. Todas las nociones de base geoquímica y regionales la contradicen. *Geoquímicamente* el contenido metálico de los viejos escudos poseen un carácter diferente que el del orógeno varisco. Nos es suficiente con recordar la ausencia total de yacimientos de estaño, de wolfram; la disminución, muy sensible, casi total, de menas de cinc, de plomo y de plata, y la aparición dominante de oro, arsénico, níquel y cobre. Una visión de conjunto del contenido metálico de los yacimientos de los viejos escudos, tal como Blondell (7) la ha presentado (Fig. 5) confirma claramente este hecho. No se ha encontrado todavía la forma de explicar esta diferencia: Los viejos escudos encierran en sus etapas muy inferiores metales diferentes desde las etapas elevadas del orógeno varisco.

Entonces si en las etapas con caracteres análogos habían existido en las partes más elevadas, lo que, naturalmente, no es imposible, habrían sido denunciadas en el Algonkiense superior y su contenido en metales habría sido ampliamente dispersado, lo cual haría imposible encontrar estos detalles en *condiciones y concentraciones análogas* en un orógeno regenerado.

Un segundo argumento contra la hipótesis siguiendo la cual los yacimientos variscos derivarían del Precámbrico superior, es de origen *regional*. Cada uno de los numerosos mapas generales de uno de los viejos escudos, como los que existen, por ejemplo, en numerosos trabajos sobre el Canadá, muestran en la repartición de los yacimientos una total originalidad, una dispersión caprichosa, se puede decir al azar, diferente de la disposición lineal o zonada preponderante en los yacimientos variscos. Es muy difícil de comprender cómo «una nueva reorganización» de los yacimientos de repartición muy diferentes habría podido producirse, seguida de una disposición en líneas y zonas muy regulares, disposición que se encuentra de una manera algo semejante mundialmente en las diferentes partes de los orógenos variscos, lo mismo que en los orógenos de las cordilleras. La misma disposición lineal y zonada se encuentra dibujada en el orógeno alpino. Lo mismo en su disposición regional que en su repartición geoquímica y paragenética, los yacimientos regenerados de tipo alpino están mucho más próximos de los viejos yacimientos primarios variscos que de los yacimientos del Prealgonkiense reciente, que representa algo completamente extraño.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) ANDREWS, E. C.: *Structural unity of Pacific Region: evidence of ore deposits Econ. Geol.*, 1925, 20, 707-722.
- (2) ANGEL, F.: *Lehrfahrt auf den sterischen Erzberg-Fortschr.* «Min.», 1939, 23, LIX-LXXVI.
- (3) ARCHANGELSKI, A.: *Geologische Struktur und geologische geschichte der URSS.* «Russisch, Moskau», 1941, 376 s.
- (4) BACKLUND, H.: *Zum Werdegang der Erze.* «Geol. Rdschau», 1941, 32, 60, 66.
- (4a) BATEMAN, A. M.: *Economic Mineral Deposits.* «2^o Aufl. New-York», 1950, 950 s.
- (4b) BEARTH, P.: *Über Albitisierung in Altkristallin des Monts Rose.* «Schweiz. Min. Petr. Mitt.», 1958, 28, 140, 146.
- (5) BÉDERKE, E.: *Regionalmetamorphose und Bildung von Erzlagerstätten.* «Schles. Grs. vaterl. Kultur», 1934, 107, 78-80.
- (6) BIANCHI, A. et DAL PIAZ, G.: *La monografia geologica petrografica sull'Alto Adige a regions limitrofit.* «Period. di Min.», 1939.
- (7) BLONDELL, F.: *La géologie et les mines des vieilles plateformes.* Paris, 1936, 303 s.
- (8) BOLZE, J. et SCHNEIDERHOHN, M.: *Metallogénie hydrothermale dans les monts de Téboursouk (Tunisie Septentrionale).* «Bull. Soc. Geol. France», 1952 (im Druck).
- (9) CISSARZ, A.: *Die Stellung der Lagerstätten Jugoslaviens im geol. Raum.* «Geol. Vesnik Beograd», 1951, 23, 60.
- (10) CLAR, E. et FRIEDRICH, A.: *Über einigs Zusammenhangs zwischen Vererzung und Metamorphose in den Ostalpen.* «Z. Prakt. Geol.», 1933, 31, 79-79.
- (11) CLAR, E.: *Ostalpine Vererzung und Metamorphosen.* «Verh. geol. Bundesanst.», Wien, 1945, 20-37.
- (12) DI COLBERTALDO, D.: *Il giacimento piombo zincifero di Raibi in Friuli (Italia).* Roma, 1948, 146, 3.
- (13) ———: *Il giacimento zincifero di Raibi.* «Atti Congr. Min. Ital.», 1948, 15 S.
- (14) DAL PIAZ, G.: *Le nuova vedute tettoniche nella Regions Alpina.* «Geol. Fal. Min. Cas.», ed Bompiani, 1939.
- (15) ———: *Carta tettonica delle Alpi.* «Technica Ital.», anno II, vol. II, 1947.
- (16) EMMONS, W. H.: *Relation of metalliferous lode systems to igneous intrusions.* «Trans. As. Inst. Min. Eng.», 1927, 74, 20-70.
- (17) ———: *On the mechanism of the deposition of certain metalliferous lode systems associated with granite batholite.* «Ore deposits of the Western States», 1933, 327-349.
- (18) FRIEDRICH, C.: *Überblick über die ostalpine Metallprovinz.* «Z. Berg-Hütten.», Salinenwesen, 1937, 85, 241-253.
- (19) ———: *Tektonik und Erzlagerstätten in den Ostalpen.* «Berg. u. Hüttenmänn. Mh.», 1942, 90, 131-136.
- (20) ———: *Gerschiebungsbahnen als Vererzungesflächen.* «Berg. u. Hüttenmänn. Mh.», 1948, 93, 14-16.
- (21) GLANGEAUD, L.: *Origine des gites métallifères du Nord de l'Algérie.* «Congr. Intern. Min. Met. Geol. Appl.», Paris, 1935, I, 146-157.
- (22) GRANIG, B.: *Über die Brauführung der Ostalpen.* «Mitt. Geol. Ges.», Wien, 1912, 5, 345-367.
- (23) HELKE, A.: *Lagersstättenkundliche Feiscedrücke aus den Vereinigten Staaten.* «N. Jb. Min. Bell.», Bd. 77, A., 1942, 383-498.
- (24) HUTTENLOHER, H.: *Metallogenese und Metallprovinzen der Alpen.* «Metall. u. Erz.», 1926, 23, 607-612.

- (25) — — — *Die Erzlagerstättenzonen der Westalpen*. «Schweiz. Min. Petr. Mitt.», 1934, 14, 23-149.
- (26) JOURAVSKY, G., PERMINGEAT, F., BOULADON, F. et AGARD, J.: *Deux types de gisements de plomb au Maroc français*. XVIII. «Intern. Geol. Congr.», VII F. London, 1950, 222-233.
- (27) DE LAUNAY, L.: *Traité de Metallogénie*. «Gîtes minéraux et Metallifères», 1913, I, S. 248.
- (28) — — — *Cours de Géologie Appliquée*. Paris et Liège, 1933, S. 69.
- (29) LINDER, S. W.: *The relation of ore - deposition to physical conditions*. «Intern. Geol. Congr. Mexico», 1906, 26 S. Econ. Geol., 1907, 2, 105-127.
- (30) — — — *Mineral Deposits*. «A. Anfl.», 1919, 4; «Anfl.», 1933, 330 s.
- (31) — — — *Differentiation and ore deposition, Cordilleran Region in U. S. A.* «Ore Dep. of the Western States», 1933, 152-180.
- (32) LOUGHELIN, C. F.: *Comments on the origin and major structural control of igneous rocks and related mineral deposits*. «Econ. Geol.», 1941, 36, 671-697.
- (33) MARCHEL, W.: *Lehrbuch für den Geologie Unterricht*. «Freiberg i. Sa.», 1941, 2. Aufl., 203 s.
- (34) NIGGLI, P.: *Die silberführenden Bestandteile im Magma*. Leipzig, 1920, 272 s.
- (35) — — — *Verhandl. über natürliche Klassifikation der im weitesten Sinne magmatischen Erzlagerstätten*. «Abh. prakt. Geol.», 1, 1925, 69 s.
- (36) — — — *Erzlagstätten, magmatische Aktivität und Grabstektonik*. «Z. prakt. Geol.», 1928, 159-164, 185-191.
- (37) — — — *Die Systematik der Gesteine und Mineralogenzitaten*. «C. N. Soc. Geol.», Finnlande, 1947, 20, 141-157.
- (38) PETRASCHER, W. E.: *Die jüngeren tektonischen und magmatischen Phasen im Gebirgszug Karpaten-Balkan-Sita*. «Ber. Ostr. Akad. Wiss. Math. nat. Kl. I.», 158, 1949, 571-583.
- (39) PETRASCHER, W.: *Das Alter Alpiner Erze e.* «Verh. Geol. Bundesanst.», Wien, 1926, Nr. 4.
- (40) — — — *Metallogeneische Zonen in der Ostalpen*. «C. R. XIV Congr. Intern.», 1926, Mailand, 1928, 18 s.
- (41) — — — *Die Alpine Metallogenese*. «Jb. Geol. Bundesanst.», Wien, 1915, 129-149.
- (42) RAUDET, H.: *Géologie des gîtes minéraux*. «2. Aufl.», Paris, 1949, 641 s.
- (43) — — — *Métallogénie hydrothermale et failles échantées*. «Bull. Soc. Géol. France», 1949, 19, 415-426.
- (43a) RITTMANN, A.: *Zur geochemischen Entdeckung der prä geologischen Lithosphäre - Niggli - Festschrift*. «Schweiz. Min. Petr. Mitt.», 1948, 26, 36-48.
- (44) SCHNEIDERHOERN, H.: *Bindungsgesetze eruptiver Lagerstätte und Beziehungen zwischen de. Metallprovinzen und Eruptivgesteine provinzen der Erde*. «Metall. u. Ers.», 1925, 22, 267-274.
- (45) — — — *Lagerstätte, Kunde auf geochemischer Grundlage*. Glückauf, 1926, 16 s.
- (46) — — — *Die genetische Einteilung der Gesteine und Mineralagerstätten*. «Z. prakt. Geol.», 1932, 36, 4 s.
- (47) — — — *Erzlagerstätten*. «Hendwörterb. d. Naturwiss.», 1933, 2. Aufl., 3, 841-882.
- (48) — — — *Lehrbuch der Erzlagerstättenkunde*. I, 1941, 858 s.
- (49) — — — *Tektonik und Erzlagerstätten in den Ostalpen*. «Z. D. geol. Ges.», 1942, 94, 175-180.
- (50) — — — *Metaschung der Zink und Schwefelkieslagerstätten von Hriedloch*. «Metall. u. Erz.», 1943, 40, 25-26.

- (51) — — — *Schwefelspatgänge und pseudomorphe Quaragänge in Westdeutschland*. «N. J. Min. Mh. A.», 1949, 191-202.
- (52) — — — *Erzlagerstätten*. Stuttgart, 2. Aufl. 1949, 326 s.
- (53) — — — *Metallepochen, Metallprovinzen und sekundärhydrothermale Vorgänge*. «Rendiconti Soc. Mineral. Italiana», 1951, 7, 109-114.
- (54) SCHUMZCHER, P., ŠTĚR, K. und PRALZ, R.: *Magmatisch — Tektonische Gesetzmäßigkeiten in der Verteilung der Balkanhelbinac*. «Bull. Min. Hist. Nat. Pays Serbes», Belgrad, A. 3, 1950, 183-1954.
- (55) SCHWINNER, R.: *Die Verbreitung des Elements Arsen in ihrer Besizung zum Gebirgsban der Ostalpen*. «Min. Petr. Mitt.», 1934, 46, 56-72.
- (56) — — — *Tektonik und Erzlagerstätten in den Ostalpen*. «Z. D. Geol. Ges.», 1942, 94, 169-174, 180-182.
- (57) — — — *Gebirgsbildung, magmatische Zyklen und Erzlagerstätten in den Ostalpen*. «Bergbau Hüttenmänn Mh.», 1949, 94, 134-143.
- (58) STILLE, R.: *Grundfragen der vergleichenden Tektonik*. Berlin, 1924, 443 s.
- (59) — — — *Einführung in den Amerikas*. Berlin, 1940, 717 s.
- (60) — — — *Zur Frage der Herkunft der Magmen*. «Abh. Preuss. Akad. Math. nat. Kl.», 1940, 19, 31 s.
61. — — — *Ur und Neozoene*. Abh. Akad. Wiss. Berlin. «Math. nat. Kl.», 1948, 68 s.
62. — — — *Die Saxonische Tektonik in Biedo Europas*. «Erdöl ur Tektonik in Nordwestdeutschland», 1949, 32, 36.
63. — — — *Das Leitmotiv der geotektonischen Entwicklung Akad. Wisa Berlin*. «Vorträge», 1949, Heft 32, 27 s.
64. STILLE, H.: *Der subsequeute Magmatismus*. «Miscell. Academi.», Boro 3950», 25 s.
65. TORNGUIST, A.: *Die geol. Probleme der Blei Zinkverzung in den Ostalpen*. «Verh. Geol. Bundesanst.», Wien, 1928, 12, 234-240.
66. — — — *Der Bleiersbergbau und die Bleilagerstätte der Ostalpenmitt. geol.* Wien, 1928, 213 s.
67. — — — *Die Vererzungsphasen in den Ostalpen*. «Metall. u. Ers.», 1929, 26, 241-245.
68. — — — *Der Arsongehalt in ostalpinen apomagmatischen Bleinden und Bleiglanze*. «Verh. Geol. Bundesanst.», Wien, 1930, 9, 197-202.
69. — — — *Perimagnetische Typen Ostalpiner Erzlagenstätten*. «Sita, Ber. Akad. Wiss. Wien Math. Nat. Kl.», 1930, 193, 291-308.
70. — — — *Die Vererzungsphasen der jungen ostalpinen Erzlagerstätten Sitz*. «Ber. Akad. Wiss. Wien, Math. Nat. Kl.», 1931, 140.
71. — — — *Vererzung und Manderung des Goldes in den Erzen der Hohen-Tauern-Gänge-Sita*. «Ber. Akad. Wisa, Wien, Math. Nat. Kl.», 1932, 142, 41-79.
72. URSBONOV, I. H. F.: *The pulse of the barth*. «The Hague», 1942, 179 s. Bei der Schriftleitung eingegangen: as 3. December 1951.

JOSE DONAT ZOPO
Del Grupo Vilanova y Pera

NOTAS GEOLOGICAS EN TORNO A BARIG (I)

R E S U M E N

En la comarca de Bárig (Valencia) existe un asomo de margas y yesos, junto al cual afloran arenas cuarcíferas y pudingas. Se pasa revista a las diversas interpretaciones establecidas en su torno y se sitúan dos nuevos asomos en la misma comarca, estableciendo para todos ellos un marcado carácter diapírico, apoyado en una falla de orientación NE. 70° SW. Se asigna la edad del Keuper para las margas y yesos, y la facies wealdica para las arenas y pudingas, formando las primeras un nivel hidrológico de carácter surgente.

S U M M A R Y

In the Bárig distric, near Valencia, there are some marls and gypsums by which it spouts sands of quartz and pudding-stones. Coming upon the different interpretations established about it, and it is spotted two new dots in the same district, establishing for all of them a marked diapiric character setting upon a fault in the direction NE. 70° SW. It is given the Keuper's age for the marls and gypsums and the wealdic-facies one for the sands and pudding stones, forming the first ones an hydrologic issuing level.

R É S U M É

Dans la contrée de Bárig (Valencia), il y a un gisement de marnes et gypses auprès lequel affleurent des sables quartzeux et poudingues. On pase en revue les plusieurs interpretations établies a l'autour et l'on localisent deux nouveaux gisements dans la même contrée, en assignant pour tous eux un marqué caractère diapirique, appuyé par une faille d'orientation NE. 70° SW. On determine l'âge du Keuper, pour les marnes et gypses, et la facies wealdique pour les sables et poudingues, en formant les premières un niveau hydrologique avec caractère de résurgence.

En la comarca de Bárig (Valencia) hay, a mi entender, algunos hechos estratigráficos y tectónicos cuyo estudio no se ha realizado correctamente

(1) Para la situación de lugares geográficos recomendamos la utilización de la Hoja n.º 770 Alcira, del Instituto Geológico y Minero.

algunas veces, y otras no ha sido verificado, pero dada su diversidad y extensión es mejor analizarlos separadamente.

Uno de ellos, el que voy a comentar ahora, es el referente a los afloramientos margo-yesosos existentes en las faldas septentrionales de la «Serra d'Aldaia».

El más conocido de todos es el existente en el caserío de la «Font de la Puigmola» y que ya fue señalado por Cortázar y Pato. Está formado por arcillas irisadas, grises y rojo-vinosas, con capas de yesos alternados de negro y blanco, entre los que se encuentran algunos cristales de cuarzo. No existen en él las carnioles: en cambio, en sus alrededores, exactamente encima de la «Font de la Puigmola», junto a la «Cova Fresca», existe un banco de arenas amarillentas y pudingas. El potencial yesífero, si no puede considerarse muy grande, ha sido por lo menos suficiente para que en algunas épocas se realizaran trabajos de explotación del mismo y que hoy se hallan abandonados.

Brinkmann, partiendo del conocimiento de dichas margas yesíferas, y probablemente influenciado por la mancha triásica de Lugar Nuevo de Fenollet-Barcheta, supone todo el fondo del valle de Bàrig como triásico, recubierto por el Cuaternario: idea que posteriormente rechaza Darder Pericás, apoyándose para ello en los pozos excavados en el mismo fondo del valle y en los cuales, bajo los aluviones cuaternarios, no se ha hallado más que Cretáceo, en calizas y capas arenosas.

Darder Pericás reconoce la existencia de las margas yesíferas de la «Puigmola» y apunta para ellas, considerando la existencia de los bancos de arenas amarillentas y cuarcíferas, una facies wealdica del Cretáceo inferior, sin descartar totalmente por ello la posibilidad de que efectivamente sean triásicas y de carácter diapirico.

Por último, en el mapa geológico de España, escala 1:50.000, este manchón de la «Font de la Puigmola» aparece señalado como wealdense.

Antes de pasar a manifestar mi opinión sobre el mismo quiero señalar la existencia de dos nuevos asomos margo-yesosos, situados en las proximidades del anterior y evidentemente relacionados con el mismo.

El primero de dichos asomos se encuentra inmediatamente al sur de Bàrig, en las faldas septentrionales de la «Serra d'Aldaia», junto a la «Font del Barranc de la Manesa». Está constituido por margas irisadas y yesos grises y rojos, con cristales de cuarzo intercalados, entre los que se encuentran los conocidos jacintos de Compostela. También se han verificado en él algunos intentos de explotación, igualmente en la actualidad abandonados.

El segundo asomo de margas irisadas ha sido observado junto a las canteras del Buscarró, situadas en «l'Alt de l'Edra», al oeste del Caserío de la Puigmola. En él también existe un afloramiento hídrico, la «Font de

l'Edra», aunque de poca importancia. Está constituido por margas de colores variados, entre los que destacan el rojo, el gris y el verde.

En ninguno de los afloramientos últimamente citados se observa la presencia de las carnioles.

Sobre estos dos últimos asomos desconozco toda clase de referencia publicada y probablemente ésta sea la primera noticia que sobre ellos se escribe. Seguramente un detenido estudio por la zona proporcionaría nuevos datos e incrementaría el área de su expansión superficial, cuyo interés es muy elevado, debido a que por su impermeabilidad estos asomos constituyen un nivel hidrológico de carácter surgente y por el que pueden aflorar gran parte de las conducciones hídricas que, a través de las fisuras tectónicas, deben de existir en el interior del «Macizo d'Aldaia, el Picaio y l'Alt de l'Edra».

Es interesante dar a conocer a este respecto que las investigaciones espeleológicas realizadas en estos lugares han dado por resultado el descubrimiento de gran número de simas o avenas, integradas en un sistema común de diaclasas de cortos intervalos y con profundidades practicables muy elevadas (Sima d'En Vilar, 70 metros; Sima d'Aldaia, 127 metros; Forat de l'Aire, 176 metros; Avene del Guarda, 125 metros; Avene del Simarró, 72 metros, etc.), lo que, desde el punto de vista hidrológico, supone cifras muy superiores: es decir, que estas cavidades pueden considerarse como en contacto directo con el nivel impermeable, o sea, que éste debe recibir grandes aportes hídricos procedentes de las aguas meteoricas, y si bien, de acuerdo teóricamente con lo expuesto por Trombe, no admitimos la existencia de reservas hídricas en los macizos calizos, en la práctica no sucede siempre así, pues las fisuraciones de tipo tectónico especialmente muestran tal espesor de rellenos clásticos y de sedimentos arcillosos, tanto autóctonos como alóctonos, que entre ellos pueden acumularse grandes cargas hídricas.

Una demostración del carácter alóctono de las aguas que afloran en estas zonas margo-yesosas, es la carencia del sabor salino típico de los manantiales propios de este terreno y que tan abundantes son en la provincia de Valencia.

En cuanto a la relación de la fisuración tectónica con la hidrología de esta zona, podemos hallarla fácilmente en la «Cova Fresca», íntimamente ligada a las aguas de la «Font de la Puigmola», así como a las posibilidades de las reservas hídricas.

Los tres yacimientos anteriormente estudiados muestran claramente su edad triásica, del Keuper, pues si bien nos hallamos con la presencia de las arenas cuarcíferas de la «Font de la Puigmola» (existe, según Darder, otro manchón análogo en el espacio entre Pinet y Bàrig), éstas no se repiten en el «Barranc de la Manesa» ni en «l'Edra».

Confirman esta idea el carácter extrusivo de estos asomos que se nos muestran alineados a lo largo de una falla de orientación NE 70° SW, de gran interés para la interpretación de la tectónica local y comarcal, y que corre por las faldas septentrionales de «l'Alt de l'Edra, Picaio y Maçizo d'Aldaià» y que probablemente debe proseguir, más o menos oculta, por la falda norte del Montdúver.

Las arenas amarillentas pueden, efectivamente, corresponder a una facies wealdica, situada en la base del Cretáceo y haber sido afectadas y arrastradas por el Keuper diapirico. Hecho totalmente factible y del cual podemos señalar analogías en los asomos wealdenses y del Keuper existentes en Liria (Valencia), al sur de los Montes Buitreras, en el anticlinal Pedralba-Casinos, y en los cuales el Keuper diapirico ha levantado ligeramente a un Aptense calizo con substrato wealdense, y ha aflorado violentamente al exterior.

La misma ausencia de las típicas carniolas podría ser un apoyo más para la idea diapirica.

Pueden corroborar igualmente este aserto la presencia de los cuarzos cristalizados, y que Darder Pericás no señala en la Puigmola, habiéndose encontrado en este lugar y en el «Barranc de la Manesa» en proporciones, si bien no muy abundantes, sí lo suficientes para poder señalar categóricamente su presencia.

Creo que no sería absurdo suponer su génesis como debida a la depresión tectónica del «Turó» (en la que se encierran los valles cuaternarios del «Plà de Corral», els Naps y Bàrig), originada por fuertes presiones de tipo tangencial y en directa relación con las grandes líneas diapiricas valencianas (Ayora-Jarafuel, canal de Navarrés, Barcheta, etc.). A este respecto hay que señalar que la región del «Montdúver, Turó y Aldaià», es una zona de grandes presiones orogénicas como consecuencia de hallarse entre los límites de la Zona de Transición Celtibérica y las Cadenas Béticas Externas; es decir, en la intersección de las directrices ibérica y pre-bética.

O sea, que los asomos margo-yesosos localizados y estudiados en torno a Bàrig corresponden al Keuper (acompañado circunstancialmente por retazos de la facies wealdica, arenas y pudingas), que se manifiestan diapiricamente y que conjuntamente con los sistemas de diaclasación, tan abundantes en esta comarca, y de la depresión tectónica del Turó, deben de ser considerados como el resultado de un esfuerzo de compresión orogénica, con una economía media de trabajo y correspondientes a una zona de escaso fondo sedimentario y evaluada en algo más de mil metros.

BIBLIOGRAFÍA

- BRINKMANN, R.: *Las cadenas béticas y celtibéricas en el SE. de España*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Instituto Lucas Mallada. Madrid, 1948.
- CORTÁZAR, D., y PATO, M.: *Descripción física, geológica y agrológica de la provincia de Valencia*. «Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España», t. X. Madrid, 1882.
- DARDER PERICÁS, B.: *Estudio geológico del S. de la provincia de Valencia y N. de la de Alicante*. «Boletín del Instituto Geológico y Minero de España», t. LVII, fasc. I. Madrid, 1945.
- DONAT ZOPO, J.: *Catálogo de simas y cavernas de la provincia de Valencia*. Grupo Espeleológico Vilanova y Piera. Valencia, 1960.
- — *La Cova del Cavall de Liria (Valencia)*. En «Archivo de Prehistoria Levantina», en curso de publicación.
- DEPUY DE LÔME, E.: *Explicación de la Hoja núm. 695 Liria (Valencia), del Mapa geológico de España, 1/50.000*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 1958.
- MESEGUER FARDO, J.: *Explicación de la Hoja núm. 770 Alcira (Valencia), del Mapa geológico de España, 1/50.000*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 1957.
- RÍOS, J. M.: *Diapirismo*. «Boletín del Instituto Geológico y Minero de España», t. LX. Madrid, 1947.

F. GOMEZ RUIMONTE

ESTUDIO POR RAYOS X DE CAOLINES ESPAÑOLES Y SU UTILIZACION EN LA PORCELANA

RESUMEN

Se estudian 15 muestras de caolines españoles de distintas procedencias, se determinan por rayos X diferentes pares homólogos que permiten la valoración semicuantitativa de impurezas de cuarzo y feldespato.

Todas las muestras se tratan térmicamente y se estudian los productos de la descomposición de la caolinita y la influencia que sobre ellos tienen las impurezas citadas las cuales se determinan también semicuantitativamente después del tratamiento por los correspondientes pares homólogos.

Después de considerar las modificaciones que sufren a distintas temperaturas la sílice, el feldespato y la alúmina, se estudian las condiciones óptimas en que estos materiales actúan sobre el caolín a elevadas temperaturas para la obtención de porcelana artística y refractaria.

SUMMARY

Fifteen samples of Spanish kaolins are studied, none from the same origin and are determined by X-Ray different homologous pairs, that permit the semiquantitative valuation of impurities of quartz and feldspar.

All the samples are treated thermally and considered the products of the decomposition of the kaolinite and the influence that on them have the named impurities, which are also determined in a way semiquantitative after the treatment, through the correspondent homologous pairs.

After considering the modifications that suffer at different temperatures the silica, the feldspar and the alumina, one can study the optimum in which these materials act over the kaolin at high temperatures in order to get artistic and refractory porcelain.

INTRODUCCIÓN

En España existen abundantes yacimientos de caolín, que cuando se le depura adecuadamente puede competir con los mejores de Europa, según hemos podido comprobar en el presente trabajo al comparar, por ejemplo, la variedad «lavado fino» de Lage con el de Zettlitz, universalmente conocido.

Muchas y muy diversas son las aplicaciones industriales y medicinales adosado a un vástago giratorio. Las reflexiones se recogen en una película

fotográfica dispuesta circularmente alrededor del capilar. La cámara está del caolín: fabricación de alumbre, relleno de caucho, soporte de insecticidas, fármaco gastrointestinal, etc.; pero entre todas descuella la de ser la materia prima fundamental para la fabricación de la porcelana, de tal manera, que no puede hablarse en España de porcelana hasta el descubrimiento de este hecho. La célebre porcelana del Retiro, magnífica por su escultura y policromía, que en su primera época empleó arcilla de Capodimonte, no es en realidad una verdadera porcelana, sino que al igual de la de Sèvres, también en su primera época, es más bien una loza.

El análisis químico mineral nos lleva al conocimiento cuantitativo de los elementos constituyentes al estado iónico, pero no nos dice nada de su disposición estructural. Esto hace que, el resultado del análisis, en muchos casos, resulte defectuoso al no poder discernir muchas veces el tipo de enlace, el estado de polimorfía, etc.

Este inconveniente quedó resuelto con el descubrimiento de Laue y los posteriores estudios de la estructura cristalina por rayos X, especialmente por los trabajos de Debye y Scherrer, que no necesitaban cristales bien formados, sino simplemente el polvo cristalino, que en la práctica es la forma más asequible de las sustancias que se pretende analizar.

El tema que hemos escogido, «Estudio por rayos X de caolines españoles y su utilización en la porcelana», es un caso típico que el análisis químico no puede resolver, sino es ayudado por el método Debye de rayos X. Puede ocurrir que dos porcelanas de semejante composición química elemental sean de calidad muy diferente, es imprescindible que a una composición química elemental adecuada, acompañen una correcta disposición estructural, la cual depende tanto de la clase de especies químicas que integran las primeras materias, como del tratamiento térmico a que hayan sido sometidas.

Comenzaremos nuestro trabajo por estudiar los diferentes caolines de que parten distintas fábricas españolas de porcelana. Seguidamente se estudiará la sílice y el feldespato, por la influencia que ejercen sobre el caolín para lograr la pasta porcelánica, a continuación las mezclas de caolín, sílice y feldespato y sus productos de transformación, al ser sometidos a la temperatura de formación de porcelana y, finalmente, la alúmina y las mezclas de alúmina y caolín para la obtención de porcelana refractaria de calidad.

MÉTODOS DE TRABAJO

Dado el carácter microcristalino de las sustancias que estudiamos, el método más adecuado a seguir será el del polvo de Debye-Scherrer y Hull. El haz de rayos X, procedente de un tubo con anticátodo de hierro, se hace llegar al centro de una cámara tipo Brandley donde se encuentra la sustancia reducida a polvo y adherida con grasa de vacío a un capilar Pixex

provista de un diagrama en el orificio de entrada del haz de rayos y de una pantalla fluorescente diametralmente opuesta para facilitar su centrado.

Al incidir la radiación K_{α} , del Fe sobre el polvo cristalino giratorio, se consigue que todos los planos de los microcristales se vayan disponiendo en posición de recibir el haz de rayos X de forma que se cumpla la ley de Bragg $n\lambda = 2d \sin \theta$, y así la radiografía resulta mucho más nítida que en el método original hecho sin giro.

Cada pareja de líneas simétricas, comprende un arco de película circular equivalente a cuatro veces el ángulo de incidencia θ , del haz de rayos X sobre el plano cristalino correspondiente.

Conocidos λ y θ se pueden calcular los espaciados d de los planos reflectores (que cumplen la ley de Bragg). Tanto los espaciados como las intensidades relativas de la radiación reflejada, son característicos de cada especie cristalina.

Es frecuente que en una radiografía se presenten simultáneamente varias sustancias; sin embargo, el análisis por rayos X es en este aspecto completamente distinto de la espectrografía por emisión; en ésta aparecen las líneas de iones excitados, aunque estén en proporciones extraordinariamente pequeñas, mientras que en la radiografía únicamente aparecen las líneas más sensibles de una estructura cuando la cantidad es de cierta importancia. A grandes rasgos, podemos asegurar que impurezas inferiores al 2 por 100, en la mayoría de los casos, no se detectan por rayos X.

Para la identificación de las diferentes especies cristalinas, empleamos las X-Ray Diffraction Data Cards, según sistema Hannawalt, publicada por A. S. T. M. Para la comprobación experimental, se obtienen los diagramas de rayos X de especies naturales. La caolinita corresponde a un caolín de Zettlitz (directamente recibido de la Casa Rosenthal) y el cuarzo, entre otros, a un cristal de roca. Otras veces, como nos ocurrió con la mullita y cristobalita encontradas en las porcelanas, no pudimos proveernos de estos productos naturales y tuvimos que prepararlos en nuestros laboratorios. La mullita fue aislada de una porcelana de Berlín. En cuanto a la cristobalita, la logramos obtener por tratamiento térmico a elevada temperatura (1.300° C) de una sílice coloidal.

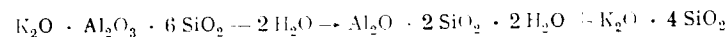
En el tratamiento térmico, hemos dispuesto de horno eléctrico de barras de sílice, y pirómetro Nottingham. La muestra después de triturada, tamizada con cedazo de 4.900 mallas por cm^2 y perfectamente homogeneizada, se comprime con una fuerza de 8.000 kg/cm^2 en pastillas de 8 mm. de diámetro y unos 2 mm. de altura. El pequeño tamaño de la pastilla, permite agrupar muchas muestras en el mismo sitio del horno, junto a la caña piro-métrica, y disminuir en todo lo posible el efecto del gradiente de temperatura del horno. Terminado el tratamiento se pulverizan las pastillas en mortero de ágata y se tamizan también a 4.900 mallas.

CAOLINES CRUDOS

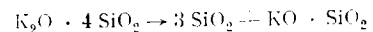
Con la denominación de caolín expresamos una arcilla muy pura constituida por minerales del grupo de la caolinita, por ser ésta la más fundamental de todos ellos. Estos minerales tienen la misma composición química: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ o estructural $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$. El análisis por rayos X indica que sus estructuras están formadas por la superposición en varias formas de capas de átomos que tienen la misma estructura y composición en todos los miembros del grupo. Sus diagramas de polvo de rayos X son muy análogos. Los minerales que se han reconocido formando parte del grupo del caolín son: caolinita, nacrita, dicrita y methaloisita. Todos ellos tienen idéntico comportamiento en la obtención de la porcelana: próximamente a los 1.000° se descomponen, transformándose en mullita y sílice.

En la fabricación de porcelana entra el caolín juntamente con cuarzo y feldespato en adecuadas proporciones, y precisamente se da la circunstancia en la naturaleza de presentarse asociado a los mismos constituyentes, como consecuencia de su formación procedente de la disgregación de las rocas feldespáticas, ortoclasa, oligoclasa, labradorita, etc.

El feldespato se descompone por la acción del agua (1), (2), según la siguiente ecuación:



a su vez el silicato ácido de potasio pierde este SiO_2 , y se transforma en metasilicato soluble:



este metasilicato puede unirse con nueva cantidad de anhídrido silícico, y al ser lixiviado finalmente este complejo, queda como producto insoluble el caolín.

Las cantidades de cuarzo y feldespato que puede llevar un caolín natural son muy considerables, especialmente el cuarzo: en caolines no purificados, puede aproximarse al porcentaje del caolín. Si tales caolines se emplean en la fabricación de porcelanas, considerándolos como puros, las fórmulas vendrán tal alteradas que los productos obtenidos, lo más probable, es que resulten inaprovechables.

Para su estudio se han conseguido 15 muestras, cuya naturaleza se especifica en el cuadro I.

Las muestras se tomaron tal como se recibe el caolín en las fábricas, es decir, la mayoría después de haber sido sometido a sencillos procesos de

purificación. Estas muestras se pulverizaron finamente y se procedió a obtener de cada una el correspondiente diagrama de Debye.

El estudio de los diagramas nos muestra como impurezas de capital importancia el cuarzo α , y menos importante el feldespato.

Aunque disponemos de la colección completa de fichas Hannawalt y de las Tablas del Instituto Fedorow, de Leningrado, hemos preferido poseer diagramas propios, tanto de caolín como de cuarzo y feldespato, por lo que hemos obtenido los Debye de cuantas muestras hemos podido conseguir de diversas procedencias. Así, para el cuarzo, poseemos un cristal de roca, una arena silícica, una cuarcita de Almadén y una piedra de molino. Los diagramas de estas cuatro muestras, resultaron ser completamente idénticos y coincidentes con la ficha 3-0419 Hannawalt y Tabla 44 del Instituto Fedorow.

Con respecto al feldespato, hemos dispuesto de diferentes muestras que, salvo una albita, todas resultaron ser ortoclasas.

En la muestra de comparación del caolín de Zettlitz hemos podido comprobar la ausencia de cuarzo y feldespato.

La observación de los diagramas de todas las muestras de caolín conseguidas, nos permite distribuirlos en los siguientes grupos:

1.º Caolines prácticamente exentos de cuarzo y feldespato: Zettlitz, Lage lavado núm. 1, Lage lavado núm. 2 y Lage lavado núm. 3.

2.º Caolines prácticamente exentos de cuarzo pero con cantidades muy apreciables de feldespato: Fontao.

3.º Caolines que presentan cuarzo en pequeñas proporciones, pero exentos de feldespato: Utiel núm. 2, Burela núm. 1, Burela núm. 2 y Burela número 3.

4.º Caolines que presentan cuarzo en pequeña proporción y algo de feldespato: Liria núm. 4 y Liria núm. 3.

5.º Caolines que presentan cuarzo muy apreciable y carecen de feldespato: Liria núm. 2, Liria núm. 1 y Lage sin lavar.

6.º Caolines que presentan cuarzo muy apreciable y algo de feldespato: Utiel núm. 1 y Montalbán.

Para determinar la concentración de cuarzo y feldespato de dichos caolines, se prepararon dos escalas, caolín-cuarzo y caolín-feldespato. El caolín empleado en las escalas fue el de Lage lavado núm. 2, extraordinariamente análogo al de Zettlitz, y, por lo tanto, prácticamente exentos de cuarzo y feldespato. Como cuarzo se empleó un cristal de roca, y como feldespato el de Córdoba, cuyas líneas más intensas son las únicas detectadas en las muestras de caolines ensayados. Tanto el caolín como el cristal de roca y el feldespato, fueron cuidadosamente porfirizados. Las mezclas que se prepararon fueron del 5 al 50 por 100 de impurezas, aumentando cada escalón en el 5 por 100; pero en el caso del cuarzo se prepararon además del 2, 1, 0,5,

0,2 y 0,1 por 100, debido a la mayor sensibilidad del cuarzo a los rayos X. La del feldespato sólo se amplió en la del 2 por 100.

La interpretación de la escala caolín-cuarzo (cuadro II) se efectúa por apreciación visual, seleccionando diferentes parejas de líneas, una de caolinita y otra de cuarzo, suficientemente próximas, para disminuir todo lo posible el error, y que al ir variando gradualmente las proporciones relativas de la mezcla, variarán de la misma manera las intensidades de las líneas, y como uno de los constituyentes aumenta mientras el otro disminuye, llegará un momento en que se igualarán las densidades de ennegrecimiento de ambas líneas, y como ésto ocurrirá para cada pareja, cuando se alcance una determinada proporción, la igualdad de cada pareja de líneas nos indicará una concentración específica de cuarzo y de caolín, según se detalla en el cuadro III de los pares homólogos. Junto a cada línea de cuarzo y de caolín se indican las líneas de caolín y feldespato, o cuarzo y feldespato respectivamente, cuya analogía de espaciado puede dar lugar a yuxta o superposiciones que sería preciso tener en cuenta en el caso de que se quisiera deducir las concentraciones por interpolación entre las parejas que se expresan.

III. Pares homólogos caolinita-cuarzo

% Cuarzo	Caolinita	Líneas que pueden perturbar		Cuarzo	Líneas que pueden perturbar	
		Feldespato	Cuarzo		Feldespato	Caolinita
2 y 5	1,79 d	1,80 f	—	1,82 fff	—	—
5	1,34 d	—	—	1,38 ff	—	1,39 ddd
10	3,57 ff	3,58 d	—	3,35 ffff	3,35 d	3,34 dd
15	3,95 md	3,95 dd	—	3,72 f	3,70 dd	3,71 d
20	1,34 d	—	—	1,45 m	1,46 m	1,45 dd
25	1,49 ff	1,48 d	—	1,54 fff	1,55 dd	1,54 d
35	3,57 ff	3,58 dd	—	3,72 f	3,70 dd	3,71 d
45	2,34 ff	2,34 dd	—	2,46 f	1,46	—
50	1,49 ff	1,48 d	—	1,46 m	—	1,45 dd

El cuadro IV representa la interpolación de la escala caolín-feldespato, y el cuadro V las parejas de líneas con las concentraciones del feldespato para las que se consigue que se igualen sus intensidades. En este cuadro, figuran las líneas de cuarzo y feldespato o caolín y cuarzo, según se trate de la línea del caolín o feldespato que pueden dar lugar a yuxta o superposiciones, análogamente a lo dicho con respecto al cuadro III.

Al aplicar este estudio sobre las muestras de caolín, nos encontramos que son pocas las que presentan como única impureza el feldespato; la ma-

yoría también están impurificadas por cuarzo. En este caso la raya del cuarzo se puede superponer y dar resultados erróneos.

De todas las parejas de líneas, conviene distinguir las que no coinciden con ninguna línea del cuarzo, en cuyo caso son válidas para los caolines

IV. Escala valoración caolinita-ortoclasa

% Feldespato	K	F	K	F	K	F	K	F	K	F
	3,95 Å	3,22 Å	1,79 Å	1,80 Å	3,95 Å	3,47 Å	2,34 Å	1,80 Å	1,49 Å	1,80 Å
2	d	dddd	d	—	d	—	ff	—	ff	—
5	d	ddd	d	ddd	d	ddd	ff	ddd	ff	dd
10	dd	dd	d	ddd	dd	ddd	ff	ddd	ff	dd
15	dd	d	dd	dd	dd	ddd	f	dd	ff	dd
20	dd	d	dd	d	dd	dd	f	d	ff	d
25	dd	md	ddd	md	dd	dd	f	md	f	md
30	dd	md	ddd	md	dd	d	mf	md	f	md
35	ddd	m	ddd	m	ddd	d	mf	m	f	m
40	ddd	m	ddd	mf	ddd	d	mf	mf	f	mf

impurificados por esta especie; y las que coinciden, que no serán utilizables nada más que en los caolines exentos de dicha impureza.

En las parejas caolinita-feldespato, las superposiciones citadas, en general, carecen de importancia, pues quedan reducidas, en cuanto a la línea de

V. Pares homólogos caolinita-ortoclasa

% Feldespato	Caolinita	Líneas que pueden perturbar		Feldespato	Líneas que pueden perturbar	
		Silice	Feldespato		Silice	Caolinita
10	3,95 d	—	3,95 dd	3,22 ff	—	—
15	1,79 d	—	1,80 f	1,80 ff	—	1,79 f
20	3,95 d	—	3,95 dd	3,47 m	—	—
25	2,21 dd	—	—	2,16 m	—	—
30	1,85 d	—	—	1,86 m	—	—
40	2,34 f	—	2,34 dd	1,80 ff	—	1,79 f
40	1,49 ff	—	—	1,80 ff	—	1,79 f

la caolinita, a la modificación que pueden ocasionar líneas muy débiles del feldespato, y que en la proporción en que suele presentarse, menos del 30 por 100, serían inapreciables; y en cuanto a las líneas del feldespato a yux-

tapositiones, lo único que exigen es diagramas nítidos y con líneas suficientemente resueltas.

En las parejas caolinita-cuarzo, no hay superposición en la línea de la caolinita, y en cuanto a las del cuarzo, hay que tener en cuenta que por tratarse de líneas fuertes del cuarzo y débiles de la caolinita y feldespato, sólo habría perturbación en el caso de encontrarse el cuarzo en pequeña proporción.

Por todas estas razones, hemos seguido el criterio de deducir la cantidad del cuarzo y feldespato, por la igualdad de alguna pareja de líneas.

La presencia de mica podría modificar estas apreciaciones; algunas variedades tales como moscovita e illita podrían encontrarse en algunas muestras de caolín, y en este caso se originarían nuevas superposiciones que habrían de tenerse en cuenta en el estudio de los caolines.

Las líneas características de la mica son análogas al feldespato, pero existen diferencias muy apreciables que sirven para discernir sobre la presencia de una u otra especie.

La mica presenta su línea más intensa a 10 Å, y no aparece la 1,80 Å (una de las más intensas del feldespato); en cambio, el feldespato no presenta la 10 Å. Existe una variedad de mica, la clorita, que presenta la 1,80 aunque débil, pero en cambio su línea más intensa es de 14 Å.

Otra diferencia apreciable es el espaciado de las líneas más intensas de feldespato y mica, respectivamente las 3,22 y 3,19 Å, que se pueden precisar por su separación con respecto a la línea 3,35 Å, común al caolín, cuarzo, mica y feldespato.

De las líneas estudiadas merecen señalarse las del conjunto formado por las 1,79 y 1,85 débiles de la caolinita, 1,80 y 1,86 fuerte y débil respectivamente del feldespato, y la 1,82 muy fuerte del cuarzo, en las cuales la característica débil de las líneas de la caolinita favorece el estudio, puesto que el porcentaje de la caolinita suele ser más elevado que los porcentajes del cuarzo y del feldespato que se estudian como impurezas. Aunque la línea 1,80 del feldespato, cuando dicha especie se encuentra en pequeña proporción, se puede empastar con la línea 1,79 de la caolinita, sin embargo se pueden distinguir porque la separación entre las dos líneas de la caolinita es menor que cuando no existe feldespato (cuando la línea 1,80 es débil la 1,86 se hace inapreciable). La línea 1,82 del cuarzo es tan intensa, que su presencia ha permitido detectar el cuarzo en el caolín, aún en concentraciones de 0,1 por 100 que para los métodos de rayos X resulta de una sensibilidad extraordinaria. Además, esta línea es de gran utilidad para la detección de pequeñas cantidades de feldespato, porque situada muy próxima a la izquierda de la 1,79 del caolín, en el caso que exista en pequeña proporción feldespato, la línea 1,80 de éste se empastará con la 1,79 del caolín, pero el

VI. - Valoración caolinita-cuarzo en caolines (crudas).

N. K.	K 1,79A	Q 1,82A	K 1,74A	Q 1,78A	K 3,37A	Q 3,35A	K 3,35A	Q 3,72A	K 1,34A	Q 1,45A	K 1,49A	Q 1,54A	K 3,57A	Q 3,72A	K 2,34A	Q 2,46A	K 1,49A	Q 1,46A
1	dd	-	md	ddd	ff	dd	md	-	m	dd	ff	dd	fff	-	ff	ff	ff	dd
2	dd	-	md	dd	ff	d	md	-	m	dd	ff	d	ff	-	ff	ff	ff	dd
3	dd	-	md	dd	ff	d	md	-	m	dd	ff	d	ff	-	ff	ff	ff	dd
4	dd	ddd	md	ddd	ff	md	md	ddd	m	dd	ff	d	fff	ddd	ff	ff	ff	dd
5	dd	-	md	d	ff	d	d	dd	d	dd	ff	d	ff	dd	f	ff	ff	dd
6	dd	d	d	d	ff	d	d	dd	d	dd	ff	d	ff	d	f	ff	ff	dd
7	dd	m	d	m	ff	d	d	dd	d	dd	ff	d	ff	d	f	ff	ff	dd
8	dd	m	d	m	ff	d	d	dd	d	dd	ff	d	ff	d	f	ff	ff	dd
9	ddd	f	d	m	f	d	d	mf	d	d	f	f	f	d	f	f	f	d
10	dd	f	d	m	f	d	d	mf	d	d	f	f	f	d	f	f	f	d
11	dd	f	d	m	f	d	d	mf	d	d	f	f	f	d	f	f	f	d
12	dd	f	d	m	f	d	d	mf	d	d	f	f	f	d	f	f	f	d
13	dd	f	d	m	f	d	d	mf	d	d	f	f	f	d	f	f	f	d
14	ddd	ff	dd	ff	d	dd	dd	mf	m	d	mf	d	f	mf	mf	mf	mf	md
15	ddd	ff	dd	ff	d	dd	dd	mf	m	d	mf	d	mf	mf	m	mf	mf	md
16	ddd	ff	ddd	ff	d	ddd	ddd	mf	m	d	mf	d	m	mf	m	m	m	m

espacio comprendido entre la 1,82 del cuarzo y 1,79 del caolín quedará apreciablemente disminuido con la aparición de la línea 1,80 del feldespato.

Teniendo en cuenta todo lo expuesto, se estudiaron las 15 muestras de caolín y se utilizaron las parejas de líneas seleccionadas caolinita-cuarzo y caolinita-feldespato, para deducir por el criterio de igualdad entre líneas próximas la proporción de cuarzo y feldespato existentes en cada muestra. En el cuadro VI se expresan los caolines estudiados, ordenados por su riqueza en cuarzo, y en el cuadro VII se ordenan por su riqueza en feldespato. Finalmente, en el cuadro VIII se resumen las concentraciones de cuarzo y feldespato de los caolines determinados por rayos X, junto con determinaciones químicas de SiO_2 , Al_2O_3 y K_2O (álcalis expresados en K_2O).

VII. Valoración caolinita-ortoclasa en caolines (crudos)

N. K.	K	F	K	F	K	F	K	F	K	F
	3,95 Å	3,22 Å	1,79 Å	1,80 Å	3,95 Å	3,47 Å	2,34 Å	1,80 Å	1,49 Å	1,80 Å
10	d	ddd	dd	dddd	d	dddd	mf	dddd	mf	dddd
13	dd	dd	dd	dddd	dd	dddd	mf	dddd	mf	dddd
15	dd	d	ddd	ddd	dd	ddd	m	ddd	m	ddd
5	d	d	dd	—	d	ddd	f	—	f	—
14	dd	d	ddd	dd	dd	ddd	m	dd	m	dd

mente, en el cuadro VIII se resumen las concentraciones de cuarzo y feldespato de los caolines determinados por rayos X, junto con determinaciones químicas de SiO_2 , Al_2O_3 y K_2O (álcalis expresados en K_2O).

VIII. Análisis de las muestras de caolines crudos.

N.º del caolín	Determinaciones químicas					Determinaciones por rayos X	
	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	Cuarzo	Feldespato	Cuarzo	Feldespato
1	40	45	—	—	—	—	—
2	39	46	—	—	—	—	—
3	39	46	—	—	—	—	—
4	38	47	—	3	—	2	—
5	35	51	2,7	3	16	2	20
6	37	50	—	7	—	5	—
7	36	51	0,4	8	2	13	2
8	36	51	0,4	8	2	13	2
9	33	56	—	18	—	20	—
10	29	58	1,6	20	9	24	4
11	29	59	—	26	—	25	—
12	29	60	—	27	—	25	—
13	22	65	2,0	34	12	33	7
14	21	66	2,7	34	16	35	15
15	20	68	1,6	40	9	40	10
16	21	71	—	47	—	50	—

mente, en el cuadro VIII se resumen las concentraciones de cuarzo y feldespato de los caolines determinados por rayos X, junto con determinaciones químicas de SiO_2 , Al_2O_3 y K_2O (álcalis expresados en K_2O).

TRATAMIENTO TÉRMICO DE LOS CAOLINES

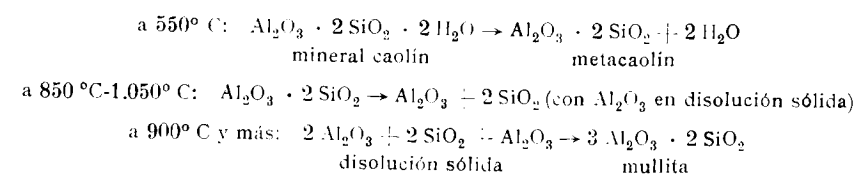
Al ser sometido el caolín a la acción del calor, sufre una serie de transformaciones que dan lugar a la formación de nuevas estructuras de extraordinaria importancia en la constitución de la porcelana.

En los experimentos de Grimshaw, Heaton y Roberts (3), la temperatura de deshidratación de la caolinita es de 583° C, aproximadamente. Para la dickita, esta temperatura es aproximadamente 100° C superior a la de la caolinita.

Después de la deshidratación, los minerales de caolín se hacen prácticamente amorfos y cesan de dar líneas en el diagrama de rayos X; solamente se obtiene una banda muy difusa. Se ha discutido profundamente si esta banda corresponde o no a un estado amorfo estricto. Otra cuestión se presenta al plantearse si el material, de ser amorfo, consiste en una mezcla de alúmina y sílice o es un silicato de aluminio. Los resultados de rayos X no son suficientes para dar respuestas concluyentes a estas cuestiones.

La mayoría de la opinión parece favorecer la idea de una mezcla muy íntima de sílice y alúmina, quizá en escala atómica y prácticamente, por tanto, en disolución sólida. El material deshidratado seguramente no es una mezcla normal de los dos componentes, por lo que se le han dado varios nombres especiales, tales como metacaolín y premullita.

Hislop (4) en sus trabajos con arcillas escocesas identifica las fases formadas después de diversos tratamientos térmicos y expresa las reacciones de la siguiente forma:



Los experimentos de Comeforo, Fischer y Bradley (5) son especialmente importantes, puesto que por el empleo del microscopio electrónico obtuvieron nuevos datos respecto de este problema. Observaron que la ordenación hexagonal de la caolinita se mantiene en la fase metacaolín. Encontraron que la mullita, que aparece en los diagramas de rayos X después de cocer a 980° C, desarrolla unos cristales en forma de agujas que están orientados en direcciones relacionadas con la ordenación hexagonal de la caolinita original. Por tanto, establecieron: «Que tal dependencia direccional debería persistir a lo largo de toda transición del grano original de la caolinita a los agregados de mullita, elimina la posibilidad de que haya tenido lugar

una cristalización intermedia. Por tanto, cualquier cantidad de γ - Al_2O_3 que se haya podido observar en casos especiales, sólo es incidental y no es un paso en la serie de reacciones que tiene lugar en el proceso de cocción.

Las arcillas examinadas consistían en dos caolines de Cornuailles, dos arcillas de Devon, una arcilla refractaria escocesa, una arcilla refractaria carbonosa de Stourbridge y una haloisita. Se calentaron cilindros moldeados de cada arcilla durante veinte horas a cada intervalo de temperatura de 50 °C desde 800° a 1.350° C. Los resultados del autor de este trabajo indican la existencia de alúmina en la zona de 900°-1.050° C, de cristobalita a 1.100°-1.300 °C, y de mullita a 950°-1.350 °C.

Bowen y Greig (6), al estudiar el diagrama de equilibrio de las muestras de alúmina pura y sílice a altas temperaturas, en relación con los problemas cerámicos, llegaron a la conclusión de que la característica del diagrama es la ausencia del compuesto $\text{Al}_2\text{O}_3\text{SiO}_2$ (silimanita), hasta entonces considerado como el compuesto cristalino de los refractarios, siendo en cambio el único compuesto existente el $3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$, al que proponen los autores el nombre de mullita, por haberlo descubierto al estado natural en las rocas de la Isla de Mull. La mullita es el único compuesto existente a elevada temperatura. La transformación de la silimanita natural en mullita es muy lenta y se precisan varios días a 1.545°. La mullita funde a 1.810°.

Salomín (7) presenta la formación de mullita en los cerámicos de 1.100 a 1.200°, como ejemplo de crecimiento de las partículas grandes a expensas de las pequeñas, análogamente a los fenómenos de recristalización de los metales.

Nandi (8) llega a la conclusión de que la cocción lenta (24 h.) y el enfriamiento lento (54 h.) favorecen la formación de cristales de mullita. El tamaño de los cristales se incrementa con la temperatura de cocción. Las temperaturas elevadas no son esenciales para la máxima formación de mullita. Los artículos fabricados por prensado o fundición contienen más mullita que los obtenidos por extrusión.

Para nuestros ensayos adoptamos la temperatura de 1.300° C, y sometemos a ella durante cinco horas de duración todas las muestras de caolín ya estudiadas en crudo.

Como muestra de referencia para el estudio de los diagramas empleamos un cristal de roca calentado en las mismas condiciones de los caolines, y un diagrama de mullita obtenido por tratamiento de HF al 20 por 100 durante veinte horas y a 20° C de un tubo de porcelana de Berlín finamente pulverizado y tamizado a 4.000 mallas. El HF en estas condiciones disuelve todos los componentes de la porcelana, excepto la mullita (9), la cual se purifica por digestión sulfúrica y suficientes lavados.

El estudio comparativo de los diagramas de las 15 muestras de caolín

tratadas, nos permite conservar aquí también los seis grupos en que fueron distribuidos al comparar los diagramas en crudo.

Las transformaciones conseguidas por el tratamiento térmico a 1.300° fueron las siguientes:

En caolines puros, desde el punto de vista de sus diagramas de rayos X, desaparece por completo el diagrama de la caolinita y aparecen los diagramas de mullita y cristobalita (Zettlitz, Lage lavado núms. 1, 2 y 3).

En caolines que tienen como única impureza el feldespato en cantidad considerable, sólo se aprecia el diagrama de la mullita, habiendo desaparecido al de la cristobalita (Fontao).

Cuando el caolín sólo tiene como impureza pequeña proporción de cuarzo, se observa, además de los diagramas de mullita y cristobalita, muy débilmente las líneas 1,54 y 1,82 del cuarzo (Utiel núm. 2).

Cuando tiene el caolín en pequeña proporción cuarzo y feldespato, se aprecian débilmente las líneas 1,54 y 1,82 del cuarzo, y más débilmente que en los caolines puros, las líneas fuertes de la cristobalita (Burela números 1, 2 y 3).

Cuando tiene el caolín cuarzo en elevada proporción, pero no lleva feldespato, se aprecian bien las líneas fuertes de la cristobalita, y en cuanto a la mullita, puede presentarse incluso con menos intensidad que el diagrama del cuarzo. (Liria núms. 1 y 2 y Lage sin lavar.)

En el caso de que el caolín posea cuarzo y feldespato en elevada proporción, se observa también más intenso el diagrama del cuarzo que el de la mullita y no se aprecian las líneas de la cristobalita. (Liria núm. 3, Montalbán y Utiel núm. 1).

Las mismas muestras de las escalas que se prepararon de caolín-cuarzo y caolín-feldespato, que sirvieron para estudiar los caolines crudos, sometidas durante cinco horas a 1.300° y obtenidos los diagramas correspondientes de rayos X, hacemos sobre ellos un estudio análogo al que hicimos con los caolines crudos, con el mismo criterio de allí, pero en este caso teniendo en cuenta que el caolín se ha transformado en mullita y cristobalita, y el cuarzo persiste no obstante ser la cristobalita la fase estable a 1.300° C. Por consiguiente, se buscan en la escala caolín-cuarzo, parejas de líneas próximas, una de mullita y otra de cuarzo, que se igualen para cada proporción. El cuadro IX representa la interpretación de la escala caolín-cuarzo tratados, y el cuadro X muestra las parejas de líneas mullita-cuarzo, seleccionadas, cuya identidad de densidades indica el porcentaje del cuarzo obtenido en el caolín. Junto a cada línea de mullita, se expresan las líneas de cristobalita y cuarzo, que por su analogía de espaciados pueden afectar a su densidad, y lo mismo junto a cada línea de cuarzo se indican las líneas de mullita y cristobalita de análogo espaciado.

Con respecto a la escala caolín-feldespato, tratados, no podemos comparar las líneas de mullita con las del feldespato, porque en las condiciones

IX.—Escala valoración caolín-cuarzo tratados.

% cuarzo	M	Q	M	Q	M	Q	M	Q	M	Q	M	Q	M	Q	M	Q	M	Q
1	f	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	f	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	mf	mf	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	mf	mf	mf	mf	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	mf	f	mf	f	mf	mf	mf	mf	mf	mf	mf	mf	mf	mf	mf	mf	mf	mf
20	mf	f	mf	f	mf	f	mf	f	mf	f	mf	f	mf	f	mf	f	mf	f
25	mf	f	mf	f	mf	f	mf	f	mf	f	mf	f	mf	f	mf	f	mf	f
30	mf	f	mf	f	mf	f	mf	f	mf	f	mf	f	mf	f	mf	f	mf	f
35	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f
40	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f
45	md	f	md	f	md	f	md	f	md	f	md	f	md	f	md	f	md	f
50	dd	ff	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

del ensayo el diagrama del feldespato desaparece, por formarse un vidrio. Este vidrio tiende a disolver la sílice, especialmente la que se libera en la mullitización del caolín: por consiguiente, a medida que aumenta la proporción del feldespato, disminuye la intensidad del diagrama de cristobalita, por

X. Pares homólogos mullita-cuarzo.

% Cuarzo	Mullita	Lineas que pueden perturbar		Cuarzo	Lineas que pueden perturbar	
		Cuarzo	Cristobalita		Mullita	Cristobalita
5	3,36 ff	3,35 fff	—	3,35 fff	3,36 ff	—
10	1,88 d	—	1,87 m	1,82 fff	—	—
10	1,84 d	—	—	1,82 fff	—	—
15	1,34 m	—	1,35 dd	1,37 ff	—	1,39 ddd
20	1,60 m	1,61 dddd	1,61 m	1,54 fff	1,53 f	1,53 d
25	1,24 dd	—	1,23 ddd	1,26 ff	1,27 f	—
30	2,53 mf	2,52 dd	1,53 dd	1,82 fff	—	—
35	1,34 m	—	1,35 dd	1,38 ff	—	1,39 ddd
40	1,10 dd	—	1,09 m	1,08 fff	—	1,09 m
45	1,27 m	1,26 ff	—	1,26 ff	—	—
50	1,53 f	1,53 dd	1,53 dd	1,54 fff	—	—
50	1,28 m	1,28 ddd	1,28 dd	1,29 f	—	1,29 dd

lo que podemos deducir la riqueza del feldespato por igualdad de intensidades de parejas de líneas mullita-cristobalita, siendo en este caso inversa la intensidad de las líneas de cristobalita con la riqueza del feldespato del caolín. Como por encima del 15 por 100 del feldespato no se aprecia ninguna línea

XI. Escala valoración caolín-feldespato tratados.
(mullita-cristobalita)

% Fel- despato	M	C	M	C	M	C	M	C	M	C	M	C	M	C
0	md	m	ff	fff	mf	fff	ff	fff	fff	fff	m	m	dd	dd
5	dd	dd	f	f	m	f	f	f	ff	f	dd	ddd	ddd	ddd
10	d	dd	ff	f	f	f	ff	f	fff	f	d	—	d	—
15	dd	—	ff	ddd	mf	ddd	ff	ddd	fff	ddd	d	—	dd	—
20	d	—	ff	—	f	—	ff	—	fff	—	d	—	dd	—

de cristobalita, no podremos precisar la cantidad por encima de esta proporción; en este caso la escala caolín-feldespato es mucho más restringida. El cuadro XI expresa la interpretación de la escala caolín-feldespato trata-

ción preferentemente a eliminar dicha sílice por los más diversos procedimientos: ciclón, levigación, etc. No obstante, esta sílice separada del caolín, finamente dividida, es suministrada por los lavaderos de caolín a las fábricas de porcelana, para la preparación de sus pastas, por la acción beneficiosa que puede conferir en los procesos de cocción.

XIV. *Escala valoración mullita-cristobalita en caolines tratados.*

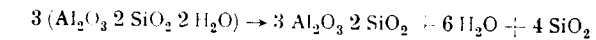
N. K.	M	Q	M	Q	M	Q	M	Q	M	Q	M	Q	M	Q
	2,89	4,59	3,36	4,05	2,69	4,05	2,20	4,05	1,53	4,05	2,29	2,48	1,88	1,61
7	d	dd	ff	f	dm	f	f	f	f	f	d	dd	ddd	ddd
8	dd	dd	ff	f	m	f	ff	f	ff	f	d	dddd	ddd	—
9	d	ddd	fff	ff	m	ff	ff	ff	fff	ff	md	ddd	ddd	—
10	dd	ddd	ff	dd	dm	dd	f	dd	f	dd	d	ddd	—	—
13	dd	—	ff	ddd	dm	ddd	f	ddd	f	ddd	d	—	—	—
14	dd	—	fff	—	dm	—	f	—	ff	—	md	—	—	—
15	dd	—	ff	—	d	—	m	—	m	—	d	—	—	—
5	dd	—	ff	—	dm	—	f	—	f	—	d	—	ddd	—

cas de porcelana, para la preparación de sus pastas, por la acción beneficiosa que puede conferir en los procesos de cocción.

XV. *Análisis de las muestras de caolín tratadas*

Núm. del caolín	Determinaciones por rayos X	
	Cuarzo	Feldespato %
1	0	—
2	0	—
3	0	—
4	< 5	—
5	< 5	≈ 15
6	8	—
7	10	≈ 5
8	10	≈ 5
9	22	≈ 5
10	20	12
11	20	—
12	32	—
13	20	12
14	40	≈ 15
15	40	≈ 15
16	50	—

Otra fuente de aporte de sílice en el proceso de fabricación es la que se produce en la transformación de la caolinita en mullita:



transformación fundamental en donde reside la clave de la formación de la porcelana. La sílice liberada por esa transformación es la que se encuentra en forma de cristobalita, sin duda porque el proceso térmico de descomposición de la caolinita y formación de mullita constituye un medio óptimo para que la sílice adopte la forma de cristobalita.

En el capítulo de caolines tratados vimos que, según los experimentos de Jay, Comeforo, Fischer, Bradley e Hyslor, la mullita se puede empezar a formar a 950° C y la cristobalita a 1.100° C. También vimos allí que al calentar las muestras de caolín (cinco horas) a 1.300° C, desaparece el diagrama de rayos X de la caolinita y aparecen los correspondientes a la mullita y cristobalita. Cuando el caolín estaba impurificado con sílice, encontramos también el diagrama de la sílice. Esto nos hizo suponer que la sílice liberada en la descomposición del caolín, por su división molecular y su naturaleza amorfa, adoptaba rápidamente la forma más estable a la temperatura en que se producía, o sea, la cristobalita. En cambio, la sílice cuarcifera que acompaña como impureza al caolín, por carecer de tan elevado grado de división y poseer además una estructura perfectamente formada, presenta una gran inercia a la transformación, no obstante la inestabilidad del cuarzo a 1.300° C.

Para comprobar esto sometimos una muestra de cristal de roca, finamente pulverizado, a 1.300° C durante cinco horas. Al observar el diagrama de rayos X encontramos es idéntico al de la misma muestra sin tratar, con la única diferencia de la aparición de la línea 4.05 de cristobalita y muy débiles de las líneas 2.48, 1.61 y 4.59 Å.

Sometemos al mismo tratamiento muestras de gel de sílice secadas a 100° C y recién obtenidas por precipitación clorhídrica de una disolución de silicato sódico. El diagrama obtenido presenta todas las líneas características de la cristobalita. Existe, pues, una gran semejanza en la forma de comportarse térmicamente entre el gel de sílice obtenido químicamente y la liberada en la mullitización del caolín.

Entre el gel de sílice y el cuarzo existe otro tipo que en la naturaleza se presenta constituyendo diferentes especies mineralógicas, tales como calcetonia, sílex, etc., consideradas como amorfas, no dando diagrama alguno de rayos X, y sin duda por falta de ordenación de los grupos tetraédricos SiO₄. Como ejemplo de esta variedad hemos utilizado un trozo pulverizado de tubo de cuarzo opaco, cuyo diagrama Debye resultó sin rayas apreciables.

Sometida esta muestra al tratamiento de las anteriores, se pudieron apreciar muy débilmente las líneas de la cristobalita.

Por todo lo expuesto nos parece adecuado detenernos a estudiar las modificaciones de la sílice a las temperaturas de transformación de la caolinita en mullita.

Las tres muestras de sílice utilizadas son: a) cristal de roca; b) sílice fundida, y c) gel de sílice. Las tres muestras las sometemos a la temperatura de 1.300° C y recogemos diferentes tomas en distintos períodos de tiempo para observarlas mediante diagramas de polvo de rayos X.

En el cuadro XVI se detallan los resultados de la interpretación de los

XVI. Transformaciones de la sílice a 1.300° C

Duración del tratamiento	Clase de sílice
<i>Gel de sílice.</i>	
3 h	Aparece intensamente en el diagrama de la cristobalita.
5 h	» » » » »
15 h	» » » » »
<i>Sílice fundida.</i>	
3 h	Se inician muy ligeramente las líneas 4,05 de la cristobalita y 3,35 del cuarzo.
6 h	Aparecen las líneas más fuertes de cristobalita y cuarzo.
9 h	Se observa todo el diagrama de la cristobalita con mediana intensidad.
15 h	Se presenta intensamente el diagrama de cristobalita.
45 h	» » » » »
<i>Cristal de roca.</i>	
2 h	Únicamente el diagrama del cuarzo.
5 h	Además del diagrama del cuarzo aparecen débilmente las líneas 4,05; 2,48; 1,61; 5,20 y 4,59 de la cristobalita.
24 h	Se observa el diagrama de la cristobalita con algo más intensidad que el cuarzo.
50 h	Se observa el diagrama completo de la cristobalita y en cuanto al del cuarzo, sólo se observa la línea más fuerte de su diagrama.
70 h	Prácticamente ha desaparecido el diagrama de cuarzo y sólo se observa intensamente el de la cristobalita.

diagramas en los distintos períodos de tiempo de tratamiento de las tres formas de sílice. En dicho cuadro se observa que a 1.300° C el gel de sílice, en cinco horas se ha transformado en cristobalita. La sílice fundida tarda quince horas para que aparezca el diagrama completo de la cristobalita, y el cuarzo necesita setenta horas para que desaparezca por completo el diagrama del cuarzo y no se observa más que intensamente el de la cristobalita.

El diagrama de gel de sílice a las quince horas de tratamiento es idéntico al de las tres horas; esto nos indica que todo gel de sílice se había transformado en cristobalita en tres horas. De la misma manera el diagrama de cuarenta y cinco horas de la sílice fundida vemos es idéntico al de quince horas de la misma, y nos demuestra que en las quince horas se había transformado en cristobalita toda la sílice fundida. Con respecto al cristal de roca, no es necesario hacer ninguna comprobación, una vez que habían desaparecido por completo las líneas del cuarzo y se presentaba intensamente el diagrama de la cristobalita; es más, los resultados del cuarzo lógicamente han de ser más precisos, puesto que es la única variedad que nos demostró el momento de la transformación total por la desaparición completa de la estructura primitiva, que ya vimos, permite ser detectado en la proporción del 1 por 100.

Para temperaturas más bajas se necesitan mayores tiempos de tratamiento. Esto lo hemos podido comprobar al tratar de determinar la temperatura mínima para que el gel de sílice se transforme en cristobalita. Esta temperatura encontramos que era la de 1.150° C, con un tratamiento de dieciséis horas de duración, cuyo resultado fue lograr un diagrama completo de cristobalita. Un ensayo hecho con cinco horas, únicamente pudimos observar que se iniciaba la aparición de la raya más intensa de la cristobalita.

FELDESPATO

Un constituyente muy importante de la porcelana es el feldespato, que en cantidad mayor o menor se adiciona a fin de que forme con la sílice (no sólo la que se libera en la mullitización del caolín, sino la que en forma de arena cuarcifera se agrega a la masa porcelánica como desengrasante y para rebajar su temperatura de cocción) un vidrio fusible que rellene los intersticios de la red mullítica y, además de dotar a la porcelana de su característica compacidad, evite la formación de otras redes como las de cuarzo y cristobalita, generalmente perturbadoras.

El término feldespato se aplica no sólo a un compuesto químico, sino a un grupo de aluminosilicatos de constitución química similar, conteniendo uno o más óxidos alcalinos, cálcicos o magnésicos, y que generalmente se distinguen por el nombre del óxido dominante; así se llama feldespato potásico a la ortoclasa, feldespato sódico a la albita, y feldespato cálcico a la anortita. Dentro de cada grupo hay multitud de variedades; por ejemplo, en las fichas de Hannawalt, hemos encontrado la interpretación de 19 diagramas distintos de feldespato potásico, 14 anhídros y 5 hidratados, y 24 diagramas del feldespato sódico, 10 anhídros y 14 hidratados.

El principal feldespato potásico es la ortoclasa, la cual, cuando es pura,

contiene aproximadamente el 16 por 100 de alúmina y el 65 por 100 de sílice. Es el feldespato comercial más puro y uno de los más generalmente empleados por los cerámicos, puesto que da resultados mejores que cualquier otro. Cuando se calienta sola, la ortoclasa pura funde a una temperatura algo por debajo de 1.200° C.

Cuando se calienta una mezcla de feldespato potásico y cuarzo, no comienza a vitrificarse apreciablemente por debajo de 1.200° C, pero cuando se ha fundido una pequeña parte, la totalidad de la masa vitrifica muy rápidamente a esta temperatura. Una mezcla de feldespato potásico y caolín se ablanda a 1.100° C, se hace ligeramente más densa, y más aún a temperaturas superiores.

La acción del feldespato se incrementa con la finura de molido y, si tanto el feldespato como la arcilla están muy molidos, se puede obtener una mezcla totalmente compacta a la temperatura de unos 1.100°.

Una característica beneficiosa de la acción fluidificante del feldespato es que es muy lenta, y así, no permite pérdida prematura, de forma que otras veces se presenta demasiado rápidamente con otros fundentes. Por tanto, el feldespato se puede considerar como un fundente de seguridad, y una pequeña cantidad de él en una arcilla es de efecto más reducido que una cantidad igual de otro fundente que pueda presentarse como impureza de esta misma arcilla.

Según Budnikov y Gevorkyan (10), aún cuando el feldespato fundido actúa como un disolvente de cuarzo y del residuo de caolinita, al mismo tiempo, tienen lugar otros procesos importantes.

La cementación de los granos cristalinos y la formación de una masa firme y compacta están originados por una mezcla muy íntima de las fase, que actúan debido al proceso de difusión. El papel primario del feldespato es entonces el de un medio líquido que facilita los procesos de difusión, donde se acelera el crecimiento de los cristales de mullita previamente formados facilitado por la elevada movilidad de las partículas. El feldespato fundido también facilita la consolidación y la formación de una masa no porosa.

Para el estudio del feldespato hemos podido reunir siete muestras distintas de las siguientes procedencias: Barcelona, Córdoba, Salamanca, Navalperal, Las Navas, y dos más facilitadas por la Escuela de Cerámica de Madrid.

Los diagramas de todas las muestras, excepto la de Barcelona, son análogos.

El feldespato de Barcelona corresponde a la ficha Hannawalt 1-0739 fórmula $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ con el nombre de albita, y las restantes a la ficha 2-0511 fórmula $\text{Al}_2\text{O}_3\text{K}_2\text{O}.6\text{SiO}_2$ con el nombre de microlita. La diferencia fundamental de ambas especies se observa porque el diagrama de la microlita presenta un doblete muy característico, formado por la línea más intensa

$d = 3,22$ y la mediana $d = 3,35$, así como por la intensidad de la línea $d = 1,80$ de intensidad análoga a la 3,22; mientras que la albita la línea intensa $d = 3,20$, con quien podría confundirse la 3,22 de la microlita no forma doblete; y, por otra parte, no se detecta en ninguna línea intensa o mediana próxima al espaciado 1,80 Å.

El análisis espectroquímico de las muestras del feldespato confirma lo anteriormente expuesto, por acusar la presencia de potasio en los feldespatos del grupo Córdoba, y sodio exclusivamente en el de Barcelona.

Al estudiar los caolines, hemos podido comprobar la acción del feldespato; en crudo observamos la presencia de la línea 3,22 Å de la microlita en algunas muestras; esta línea aparece débil, y por consiguiente, la identificación de las restantes del diagrama resultaba difícil. No obstante, estudiando las muestras correspondientes de una escala caolín-feldespato, pudimos seleccionar parejas de líneas caolín-feldespato (caolinita-microlita), que nos permitieron deducir en los caolines crudos la riqueza en feldespato.

La comprobación la obtuvimos claramente al estudiar los caolines después de tratarlos cinco horas a 1.300°, y con ellos las muestras de la escala caolín-feldespato. Los diagramas de la escala nos demostraron que en un caolín puro, desde el punto de vista de los rayos X y por consiguiente exento de feldespato, presenta, además de las líneas de la mullita, las líneas de la cristobalita 4,05 2,48, 1,61 y 1,59 Å; fuerte la primera, medianas la segunda y cuarta, y débil la tercera. Con el 5 por 100 de feldespato prácticamente desaparece la 1,61; con el 10 por 100 desaparece la 2,48, y queda muy débil la 1,59 y, finalmente, con el 15 por 100 desaparece incluso la 4,05. Esto demuestra que el feldespato forma con la sílice, que se libera al transformarse la caolinita en mullita, un vidrio que evita la formación de la estructura de cristobalita.

En los caolines que existe como impureza el cuarzo además del feldespato, desaparecen las líneas de cristobalita y persisten las del cuarzo. Ya vimos en el capítulo anterior que la sílice que se libera en la transformación de la caolinita es mullita, debe ser de tamaño coloidal muy fino, y por este motivo se transformaba rápidamente en cristobalita a los 1.300°. Por razones análogas su disolución en el feldespato era mucho más rápida que el cuarzo que acompaña al caolín.

PORCELANA

Antecedentes históricos

Aunque las primeras piezas de porcelana china llegaron a Europa a través de la dominación árabe, no se tuvo conocimiento exacto de ello hasta el regreso de Marco Polo de su célebre viaje; entonces se puede decir que empieza la inquietud en Europa de su obtención, que, sin embargo, no se

logra hasta el siglo XVIII. La cerámica formaba parte de la alquimia y se buscaba juntamente con la piedra filosofal, a la sombra del mecenazgo de los grandes señores, cuya protección alcanzaba lo mismo que a músicos, poetas y otros artistas. El elector de Sajonia, Federico Augusto, tenía bajo su protección a un manecbo de botica llamado Böttcher, que había trabajado como ayudante del célebre alquimista Lascaris. Como era ya mucho el tiempo que llevaba al servicio del elector, sin que hubiera hecho ningún descubrimiento sustancioso, harto éste de tanto dinero gastado inútilmente, le amenazó con la horca si no ponía más interés en sus trabajos, y entonces Böttcher, dio a conocer la obtención de la porcelana, que ha tiempo guardaba en secreto y que había logrado gracias al empleo de arcilla de Aüe, que era un caolín, o sea, una roca de carácter arcilloso bastante pura, cuya impureza más apreciable es el cuarzo, del que se separa bien por adecuados lavados (la palabra caolín, quiede decir en chino, alta cumbre, sin duda por el lugar donde se encontraron los primeros yacimientos de esta clase de arcilla). Inmediatamente se fundó, en 1710, en Sajonia, la fábrica de porcelana en la fortaleza Albrecht de Meissen, bajo la dirección de Böttcher, que comenzó por imitar piezas chinas y falsificar sus marcas. A la muerte de Böttcher se encargó de la dirección el pintor Höroldt, que perfeccionó la pasta y el colorido, creó modelos libres de influencias chinecas y presentó las piezas con su marca propia, las dos espadas cruzadas. Surgen en toda Europa como consecuencia de ello, un movimiento de espionaje, intrigas y sobornos para conseguir el secreto de la fabricación, y el elector de Sajonia somete al personal de la fábrica a un estrecho aislamiento y vigilancia. El príncipe Carlos de España, al casarse con Margarita de Sajonia (1739), hija del elector Federico Augusto, recibe entre otros regalos, espléndidas vajillas y otras piezas de porcelana, con lo que se despierta en él un interés extraordinario para lograr su fabricación; como rey de Nápoles, monta en Capodimonte una fábrica donde lleva los mejores químicos y artistas, y al subir al trono de España, traslada íntegramente la fábrica con operarios y maquinaria, trayendo incluso 500 arrobas de pasta de porcelana, y funda en Madrid la Fábrica del Retiro (1760). La porcelana que obtenía no puede considerarse com tal, pues desconocía el empleo del caolín; obtenía una loza densa a modo de porcelana tierna o fritada, que el magnífico escultor Gricci, director de la fábrica, lograba dar una vida y belleza tan extraordinaria, como podemos admirar en el Salón Chino del Palacio de Aranjuez. A los Gricci sucedió Sureda (1804) que, comisionado por Carlos IV, había trabajado año y medio en Sèvres, precisamente cuando en la Factoría francesa comenzaba a trascender el secreto de la porcelana. Con Sureda se inicia la segunda época de la fábrica del Retiro; orienta sus investigaciones para obtener la pasta con materiales españoles, empleo el feldespato de Galapagar y la magnesita del cerro de Almodóvar en Vicálvaro. Obtiene una porcelana ligera que, sin

llegar a la calidad de la sajona, resulta superior a las conseguidas en Sèvres y otras factorías europeas; así lo reconoce el propio Proust, y se llega incluso a suministrar a Sèvres pasta de porcelana. Cuando mayor era el auge de nuestra fábrica, ocurrió la invasión napoleónica, y la fábrica del Retiro se transforma en fábrica de material de guerra, siendo destruida el año 1812. Después de la guerra logra Sureda resucitarla en terrenos de la Moncloa (1817), donde perduró hasta 1870 (11). Hoy tenemos como continuadoras la Fundación Generalísimo Franco y la Escuela-fábrica de la Moncloa, aparte de diferentes factorías industriales, donde en su perfeccionamiento de elaboración han llegado hasta el empleo de los más modernos hornos túneles.

Composición y propiedades de la porcelana

La pasta dura de porcelana en Europa, está hecha a base de la siguiente proporción:

Caolín	50 partes.
Cuarzo	25 »
Feldespato	25 »

De los tres ingredientes empleados, la arcilla es el más refractario, el cuarzo sirve para reducir la contracción, y el feldespato actúa como fundente (12).

Las piezas de esta pasta moldeada, después de secas se cuecen a unos 900° para que conglutinen. Según A. S. Dale y Marcus Francis (13), la formación del bizcocho ocurre en cuatro fases: secado, oxidación, vitrificación y período de enfriamiento. El secado comprende desde la temperatura normal hasta los 600° C. durante el cual se expulsa el agua de combinación y el cuarzo de pedernal se expansiona rápidamente. La oxidación se produce entre los 600° y 900° C. y comprende los cambios debidos a la eliminación del carbón, contracción de la arcilla y principio de la vitrificación. El grado de vitrificación comprende el tiempo de caldeo alrededor de 900°, acompañado de una general contracción y disminución de porosidad. Cuando los poros están cerrados, las elevaciones posteriores de temperatura pueden dar lugar a hinchamiento o formación de ampollas. Durante el período de enfriamiento de 600 a 200° es peligroso el cambio de temperatura, debido a los cambios de volumen que acompañan a las transformaciones alotrópicas del cuarzo y cristobalita. Después se someten a una segunda cocción a unos 1.400°, que es cuando se forma la porcelana. Entre ambas cocciones se suele dar el vidriado. La composición del aire del horno, debe vigilarse cuidadosamente; hasta los 1.000° debe ser oxidante, a fin de quemar todo el hollín en la superficie y en los poros antes de que empiece el vidriado. Pasados los 1.000° la atmósfera debe ser reductora (14).

Cuando la porcelana es rica en ácido silícico tiene un punto de reblandecimiento más bajo, y por eso se cuece de 1.200 a 1.300°; se le llama porcelana tierna (15). La riqueza en caolín de esta porcelana, oscila entre el 40 por 100 para la más alta temperatura y el 25 para la más baja. La acción fundente del feldespato puede incrementarse con un 2 por 100 aproximadamente de cal o magnesia.

Cuando se calienta la mezcla de porcelana, primero funde el feldespato, junto con cualquier impureza de fusibilidad análoga. El silicato fundido producido de esta manera disuelve gradualmente las partículas más finas de caolín y posteriormente la sílice libre. Cuando se enfría, cristaliza la mullita, generalmente en forma de agujas.

Las principales características de las porcelanas son las de poseer una masa densa o vitrificada con una fractura cristalina y alguna translucidez. Las mejores calidades de porcelana decorativa aparecen como no porosas, incluso al examen con lente, después de sumergir toda la muestra o un fragmento de la misma en una disolución al 0,5 por 100 de eosina durante dieciocho horas, seguido de un lavado y secado; no deben observarse puntos coloreados.

Estudio de una serie de muestras de porcelana

Entre porcelana de laboratorio, menaje y artística, hemos conseguido reunir un total de 20 muestras diferentes, entre nacionales y extranjeras, que podemos clasificarlas en los siguientes grupos:

- 1.º Presentan únicamente el diagrama de mullita.
- 2.º Además de mullita, se aprecia débilmente la línea 4.05 de cristobalita.
- 3.º Mullita y débilmente la línea 1.82 del cuarzo.
- 4.º Mullita y simultáneamente la línea 4.05 de cristobalita y 1.82 del cuarzo.
- 5.º Las líneas de cristobalita y cuarzo se aprecian con intensidad mediana o fuerte.

Indudablemente, la presencia de otras redes distintas de la mullita, han de producir distorsiones en la red de ésta y, por consiguiente, alterar las propiedades de la porcelana.

La presencia de cristobalita y ausencia de cuarzo en el roentgenograma, nos indica que la porcelana alcanzó más de los 1.150° C. de temperatura, pero, o la proporción de feldespato fue insuficiente, o no permaneció el tiempo necesario a elevada temperatura.

La presencia de cuarzo y ausencia de cristobalita en el diagrama, indica que no se llegó a los 1.150° C. temperatura de formación de la cristobalita, y además debía haber defecto de feldespato, pero pudo ocurrir también que su acción no fuera completa por baja temperatura.

La presencia simultánea de cristobalita y cuarzo, demuestra que se llegó a la temperatura de formación de cristobalita, pero por haber permanecido tiempo insuficiente no se transformó todo el cuarzo. El cuarzo transformado en cristobalita, debió ser el procedente de la descomposición térmica del caolín, que es el que más fácilmente se transforma, mientras que el procedente de cuarcitas o pedernales agregados a la masa porcelánica, necesita mucho más tiempo; además, puesto que se alcanzó la temperatura de formación de cristobalita, de haber existido suficiente cantidad de feldespato, debiera haberse fundido el exceso de cuarzo.

Como comprobación experimental, adoptamos una fórmula clásica de porcelana: caolín 60, cuarzo 20 y feldespato 20, y preparamos varias muestras con caolín de Lage y feldespato de Córdoba. Comprimos las muestras y sometemos las pastillas obtenidas a distintos tratamientos térmicos, y después de pulverizar la pastilla y tamizarla a 4.900 mallas, se obtiene los correspondientes diagramas de rayos X.

En las muestras sometidas al mismo tratamiento que en el estudio de caolines, cinco horas a 1.300° C, observamos que se aprecia el diagrama de mullita y el del cuarzo.

Para aproximarnos a las condiciones de fabricación de la porcelana, se someten otras muestras análogas a un tratamiento más prolongado, veinticuatro horas a 1.300° C. En ellas se observa que prácticamente desaparecen las líneas del cuarzo; como lógicamente corresponde a la acción más prolongada del feldespato.

Un diagrama claro de mullita se obtuvo al modificar la fórmula, dejando únicamente: caolín de Lage, 70 y feldespato, 30.

Finalmente, se sometieron otras muestras análogas a las anteriores a un tratamiento tal como se hacen en las fábricas de porcelana: veinticuatro horas a 900° y veinticuatro horas a 1.300° C, con lo que pudimos apreciar que, desde el punto de vista de los rayos X, no hay diferencia entre dar directamente el tratamiento a 1.300° o hacer un tratamiento previo a 900° C.

ALÚMINA

La importancia de la alúmina en los refractarios es extraordinaria, tanto en los refractarios exclusivamente aluminosos con más del 99 por 100 de Al_2O_3 , como en los refractarios mullíticos, donde asociada a un 28 por 100 de sílice forma la mullita $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$, que vimos era el constituyente fundamental de la porcelana.

La interpretación de los Debye de dos muestras de refractarios aluminosos T-II y T-RR de la «Morgan Crucible Company», demuestran que ambas tienen como único constituyente Al_2O_3 .

Para la obtención de alúmina se siguieron dos métodos: el de sulfato de aluminio y el del aluminio amalgamado. Con el sulfato de aluminio se obtuvo alúmina, tratando una disolución del mismo con otra de hidróxido amónico, y se continuó con las correspondientes manipulaciones de filtración, lavado hasta ausencia de sulfato, y desecación a 100°.

La alúmina amalgamada se preparó a partir de láminas de aluminio de primera clase (99.7 % de pureza), las cuales previamente desengrasadas, se sumergieron durante unos minutos en una disolución de cloruro mercúrico al 2 por 100. Al sumergir en agua el aluminio amalgamado se produce un intenso proceso hidrolítico, que da lugar a que se separe alúmina finamente dividida. Esta alúmina se purifica con una serie de lavados seguidos de agitación, sedimentación y decantación, para terminar con desecación a 100°.

Los Debye de ambas alúminas demuestran que la alúmina obtenida por precipitación no presentó su diagrama ninguna línea, como corresponde a su naturaleza amorfa. En cuanto a la alúmina obtenida por hidrólisis, nos dio un conjunto de líneas correspondiente al diagrama completo de un trihidrato conocido con el nombre de Bayerita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), por el proceso Bayer de preparación comercial, mediante tratamiento de aluminio con hidróxido sódico en corriente de anhídrido carbónico.

Diferentes investigadores coinciden en admitir una serie de modificaciones polimórficas que a partir de la Bayerita estable hasta 320° se transforma en γ Al_2O_3 a 360°, en δ Al_2O_3 a 450°, en θ Al_2O_3 a 900° y, finalmente, en α Al_2O_3 o corindón por encima de 1.300° (16). Según Rooks (17), la forma γ aparece alrededor de los 425° y se encuentra en forma metaestable con respecto a la forma α , cuya aparición se inicia por encima de los 1.000°. Según Funaky y Shimitzu (18), la γ Al_2O_3 pasa a α a través de las modificaciones β_1 y β_2 a 850 y 1.150°, respectivamente, pero según Rooksby es necesario para pasar a la forma β la existencia de sodio o potasio.

Las dos alúminas obtenidas, coloidal e hidrolítica, se han sometido a 1.250° durante cuatro horas y se han obtenido posteriormente los correspondientes diagramas de Debye, cuya interpretación nos demuestra que tanto la alúmina amorfa como la bayerita se transforman en esas condiciones en α Al_2O_3 , dando en ambos casos con buena resolución el conjunto de líneas características.

Con el fin de determinar la temperatura mínima de formación de la α Al_2O_3 , se repitieron tratamientos de la misma duración a inferiores temperaturas, con lo que se llegó a la conclusión que de 600 a 950° el diagrama que se aprecia es de bandas, iniciándose a 950° la transformación de bandas a líneas que coinciden con las más fuertes de la α Al_2O_3 . A 1.000° el diagrama que se observa es el de la α Al_2O_3 con las líneas 1.39, 1.98, 2.39, 1.52, 2.28,

2,80 y 1,06 de la γ Al_2O_3 , que a 1.050° quedan reducidas a la 1,39, la más intensa de la γ Al_2O_3 que desaparece a 1.100°. Es decir, son necesarios tratamientos de cuatro horas a la temperatura de 1.100°, para obtener exclusivamente el diagrama de la α Al_2O_3 .

PORCELANA REFRACTARIA

La porcelana obtenida con mezclas de caolín, sílice y feldespato o caolín y feldespato, tratados a temperaturas superiores a 1.300°, tiene como único constituyente cristalino mullita en el seno de la masa vítrea que forma el feldespato con la sílice, que se libera en la transformación de la caolinita en mullita.

Cuanto mayor es la proporción de sílice y feldespato, menor es la temperatura necesaria para la formación de porcelana (porcelana tierna), pero también es menor su carácter refractario.

La adición del feldespato es imprescindible, para evitar que la sílice liberada en la mullitización del caolín adopte la forma de cristobalita, que al interponerse en la red mullítica perturbaría considerablemente a la calidad de la porcelana.

Hay otro medio de evitar la formación de cristobalita, sin necesidad de disminuir las propiedades refractarias ocasionadas por la formación de vidrio feldespático: es agregar alúmina en proporciones estequiométricas para que forme mullita con la sílice liberada.

Para sintetizar mullita a partir de sílice y alúmina, se necesita una temperatura muy elevada, que puede rebajarse con la adición de mineralizadores, generalmente óxidos o halogenuros, que en pequeña proporción y a modo de catalizadores facilitan las reacciones en estado sólido; su papel parece ser consiste en dar a la masa un ligero grado de fluidez que facilita el desarrollo de la estructura cristalina. El mismo feldespato, que en gran cantidad disminuye la calidad refractaria, en pequeña proporción (< 5 %) puede ser beneficioso, por favorecer el crecimiento de las agujas de mullita.

Se ha tratado de conseguir un refractario mullítico integrado por sílice y alúmina en proporción correspondiente a la fórmula $2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$ con la menor cantidad posible de sustancias extrañas.

Como materiales portadores de sílice se han empleado el caolín de Lage, cuya pureza se ha podido comprobar, y gel de sílice obtenida por precipitación ácida de una disolución de silicato sódico.

Los materiales aluminosos que se disponían eran, además del propio caolín, las alúminas coloidal e hidrolítica de obtenciones ya descritas.

Se eligieron de mineralizadores: feldespato de Córdoba, ortoclasa ya estudiada, y anhídrido bórico, en proporciones del 2 al 5 por 100.

Se hicieron las mezclas estequiométricas caolín-alúmina y sílice-alúmina (a las cuales se añadieron los correspondientes mineralizadores), y análogamente a los ensayos de caolines y porcelana artística se prepararon por compresión series de pastillas que, después de tratadas térmicamente, se pulverizaban para obtener los correspondientes diagramas Debye.

El tratamiento térmico consistió en someter durante veinticuatro horas cada serie de pastillas a distinta temperatura de 1.200, 1.300, 1.400 y 1.500° C.

Los diagramas de rayos X nos indican que a 1.200° prácticamente no hay combinación de la sílice con la alúmina en ningún caso, ni con ninguno de los mineralizadores empleados.

A 1.300° la sílice procedente del caolín y la alúmina se combinan con dificultad, queda sin combinar la mayor parte de la alúmina empleada; no obstante, se aprecia menos alúmina libre en las muestras que llevan B₂O₃ de mineralizador. En cuanto a las muestras de sílice y alúmina, únicamente se forma mullita en las que poseen B₂O₃.

A 1.400° las muestras de caolín y alúmina presentan menos alúmina libre con B₂O₃ de mineralizador que con feldespato; esta diferencia se acusa más en el caso de la alúmina coloidal que en la hidrolítica. En cambio, parece algo más eficaz el feldespato de mineralizador en la muestra de sílice y alúmina, y se combina mejor la alúmina coloidal que la hidrolítica.

A 1.500° la sílice del caolín y la alúmina se combinan totalmente, incluso en ausencia de mineralizadores, lo mismo si se emplea alúmina coloidal que hidrolítica. A esta temperatura los mineralizadores son mucho más decisivos para combinar la sílice coloidal y la alúmina, y resalta la mayor eficacia del B₂O₃ que el feldespato; la presencia de alúmina se acusa en muestras que llevan feldespato, mientras ha desaparecido por completo en las que llevan B₂O₃.

Queda así demostrado que, para la obtención de porcelana refractaria mullítica, ha resultado ser también el caolín la materia prima que reúne mayores ventajas técnicas, además de las económicas; y se confirma una vez más las buenas condiciones de este mineral, del que afortunadamente en España se están descubriendo nuevos yacimientos.

Este trabajo se ha realizado en la sección de rayos X del Instituto «Alonso de Santa Cruz» del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, a cuyo director profesor, Baltá Elias; secretarios profesores, Abbad Berger y García Blanco; jefe de la sección de rayos X, profesor Rivoir Alvarez; colaborador científico, señorita Smith Verdier, y auxiliar, señor García, expreso mi agradecimiento por la constante ayuda y colaboración prestada en todo su desarrollo.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) ALFRED B. SEARLE: *Refractory Materials*, 26, 1940.
- (2) BIEDERMAN: *Ullman Enciclopedia de Química Industrial*, VI, 219, 1932.
- (3) R. W. GRINISHOW, E. HEATON y A. L. ROBERTS: *Refractory Clays*. «Trans. Brit. Ceram. Soc.», 44, 69, 1949.
- (4) J. F. HYSLOP. «Trans. Brit. Ceram. Soc.», 43-49, 1944.
- (5) J. E. COMEFORO, R. B. FISCHER, W. F. BRADLEY y N. M. RICHARDSON: *X Ray Identification and Structures of Clay Minerale*, 80, 1951.
- (6) N. Z. BOWEN y J. W. GREIG. «J. Am. Ceram. Soc.», V, 238, 1924.
- (7) SALOMIN. «Chem. Eng.», 1947.
- (8) D. N. NANDI. «Ch. Abd.», 11, 25, 1951.
- (9) BERL-LUNGE D'ANS: *Métodos de Análisis Químico Industrial*, III, 1, 286, 1946.
- (10) ALFRED B. SEARLE: *Refractory Materials*, 88 y 253, 1940.
- (11) EMILIO CAMPS CAZORLA: *Cerámica Española*, pág. 77, 1936.
- (12) ALFRED B. SEARLE: *Refractory Materials*, 1940.
- (13) A. S. DALE y MARCUS FRANCIS. «Trans. Brit. Ceram. Soc.», 42, 47, 1943.
- (14) RIESENFELD: *Química Inorgánica*, 536, 1942.
- (15) PEDER HALD: *Técnica de la Cerámica*, 314, 1952.
- (16) CH. ALEXANIAN: *Compts. Rend.*, 240, 1621-2 (1953).
- (17) «X Ray Identification and Structures of clay Minerals Mineralogical Society» (1951)
- (18) K. FUNAKY y Y. SHIMIZU: *C. A.* v 3 (1954), 8702 h.

HANS SCHAUB (Basilea)

ACERCA DE ALGUNOS NUMMULITES Y ASSILINAS
DE LA MONOGRAFIA Y COLECCION DE D'ARCHIAC (1)

RESUMEN

Consiste este trabajo en la revisión y nueva descripción de algunas especies de nummulites y assilinas de entre las que fueron descritas por D'Archiac. La revisión ha sido hecha, en parte, sobre el mismo material que utilizó D'Archiac, que aún se conserva en el Museum d'Histoire Naturelle de París, en parte sobre ejemplares recogidos por el autor en las mismas localidades visitadas por D'Archiac y en otras.

Esta descripción se ocupa sobre todo del *Nummulites consisensis* D'Archiac 1886, y de diversas assilinas, resumidas ahora como *Assilina Leymeriei* (D'Archiac y Haime, 1853).

(Resumen hecho por el traductor.)

ABSTRACT

This is a revision and new description of some of the species of Nummulites and Assilines that were described by D'Archiac. This revision has taken place using in part the same material collected by D'Archiac, which is still preserved in the Museum d'Histoire Naturelle de París, in part using samples collected by the author either in the same localities cited by D'Archiac or in different ones.

The description centers above all on the *Nummulites consisensis* D'Archiac 1886, and on some Assilines, grouped now together as *Assilina Leymeriei* (D'Archiac and Haime 1853).

(Abstracted by the translator.)

La investigación y representación de los nummulites alcanzó un punto álgido en la pasada centuria con el trabajo del Vizconde de D'Archiac. Su principal actividad en el campo de la investigación de los nummulites es la

(1) Traducción española por J. M. Ríos, de la versión original en lengua alemana titulada *Über Einige Nummuliten und Assilinen der Sammlung D'Archiac*, por HANS SCHAUB, aparecido en el volumen 53 núm. 1, 1960 de «Éclogae Geologicae Helvetiae», pág. 443-453. La traducción y publicación de este trabajo han sido amablemente autorizadas por ambos, autor y editor.

Monographie des Nummulites, que aparece al principio de la *Description des Animaux fossiles du groupe nummulitique de l'Inde*, de D'Archiac y Jules Haime (1858). Intentó D'Archiac, con esta *Monographie*, introducir sistema en el desorden de los nombres de nummulites hasta entonces encontrados, para lo cual contó con un material muy amplio y extenso. Los 350 nombres, más o menos, que encontró en la literatura, pudo dejarlos reducidos a 22 denominaciones de especies de nummulites (19 de nummulites y 3 de assilinas). Añadió, a éstas, 32 nuevas especies (29 de nummulites y 3 de assilinas) de modo que su *Monographie* (2) contiene la descripción y figuras de 53 especies de nummulites y assilinas (3).

Los tipos de nummulites figurados por D'Archiac se conservan todavía, afortunadamente, en el Muséum National d'Historie Naturelle de París. A lo largo de los trabajos que llevé a cabo, mediante el apoyo del Fondo Nacional Suizo para el Progreso de la Investigación Científica, para confeccionar una nueva monografía sobre los nummulites, tuve ocasión de estudiar la colección de D'Archiac y fotografiar algunos tipos (4). Este estudio puso de manifiesto que algunas especies hay que concebirlas de manera distinta, o al menos con mayor precisión que como han sido descritas hasta ahora en la literatura especializada.

Como es sabido, ha habido muchos autores que han intentado resumir las especies de D'Archiac en otras de más fácil determinación. Así, por ejemplo, B. de la Harpe resumió 6 de las especies de D'Archiac y otras dos nuevas, a 8 razas (5) del *Nummulites perforatus*, y otras 4 especies, y una nueva, a 5 razas del *N. gizehensis*.

Además reunió de la Harpe en «parejas» los nummulites microséricos con sus correspondientes megaloséricos.

Mucho más lejos va Bousiac en 1911, quien reconoce solamente las grandes especies de la Harpe, es decir: por ejemplo, *N. perforatus*, *N. gizehensis*, etc. No podemos seguirle en este camino, puesto que transgrede su excelente principio de la diferenciación de especies formulado por él mismo en el prólogo. Pero si le seguimos, en cambio, en la consecuente aplicación de las reglas internacionales de nomenclatura para la designación de ambas generaciones de una misma especie con un solo nombre específico (con formas A y B). Actualmente intentamos componer series evolutivas de los nummulites y assilinas.

En oposición a las prácticas de Bousiac y otros autores que se esfuerzan en obtener una intensa reducción del número de especies mediante un des-

(2) Con inclusión del «Appendice», p. 344.

(3) A ello se añade en 1866: *N. Couisensis* D'Archiac.

(4) Querriamos expresar aquí nuestro agradecimiento a la dirección del Laboratoire de Paléontologie del Muséum d'Historie Naturelle, por habernos permitido el estudio de tan valioso material.

(5) Hoy se designarían las razas de la Harpe como subespecies.

dibujado de sus definiciones (lo que hace que pierdan su valor como guías de una estratigrafía fina), conservamos casi todas las especies de D'Archiac, con la excepción de los casos en que se introdujo, o se mantuvo, para una de las dos generaciones, un nombre innecesario (6). En el caso de las especies bautizadas por D'Archiac, ha de determinarse el holotipo o un lectotipo y ha de figurarse de nuevo. Eso exige una reinvestigación, sobre todo en los casos en que los dibujos figurados en la *Monographie* de D'Archiac, claros en su mayor parte, no representan un solo ejemplar, sino que reúnen en un mismo dibujo las características de dos ejemplares típicos. Esta clase de trabajo es la que nos gustaría llevar a cabo en nuestro intento de una nueva «Monografía de los nummulites y assilinas».

En el texto que sigue nos ocuparemos de una especie de nummulites de la colección de D'Archiac que no está descrita con suficiente claridad y sobre todo de las assilinas (los *Nummulites explanatae* de D'Archiac), que tienen además interés en relación con la definición del nuevo piso denominado Herdense (7).

NUMMULITES COUISSENSIS D'Archiac, 1866

Lám. I, fig. 1-11; lám. II, fig. 1-8

1866 *Nummulites couisensis*, D'Archiac, *Faune tertiaire inférieure*. En P. de Tchibatcheff: *Asie mineure*, París 1866. «Paleontologie», p. 222. Sin figura.

Nummulites couisensis, D'Archiac en la colección D'Archiac.

Nummulites leymERICI, D'Archiac (part) en la colección D'Archiac.

Lectotipo: Lám. I, figs. 1a y 1b.

El lectotipo, como los restantes ejemplares figurados en la Lám. I, se encuentra en la colección de D'Archiac del Muséum National d'Historie Naturelle de París. Los ejemplares figurados en la Lám. II de este trabajo fueron recogidos por el autor, y se encuentran en su colección del Naturhistorischen Museum de Basilea.

(6) Como consecuencia de ello, desaparecen los siguientes nombres de especies: *Nummulites lucasani* (= *perforatus* A.), *rouaulti* (= *atavicus* A.), *curvispira* (= *gizehensis* A.), *lamarchi* (= *lacrygatus* A.), *contortus* (= *striatus* B.), *lebeci* (= *parvularius* B.), *Ass. mamillata* (= *exponens* A), etc., como ya había propuesto Bousiac (1911).

(7) Herdense = Paleoceno superior de la región mediterránea. (Véase Hottinger y Schaub), N. y C. del I. G. y M. de ESPAÑA, núm. 61, 1961.

Localidad tipo «Margas azules de Couiza, Aude» (según D'Archiac).

Estas margas se encuentran en diferentes puntos de los alrededores de Couiza. Como localidad tipo, hemos de considerar el buen afloramiento existente en la carretera de Couiza a Rennes-le-Château. Posemos una colección de formas típicas A y B de esta especie procedentes de aquella localidad. Igualmente se encuentran en la inmediata vecindad de Couiza, en los términos de Antugnac y Motazel. Figuramos cierto número de ejemplares procedentes de estas localidades, ya que hemos preferido dejar intactos los tipos de colección de D'Archiac.

Nivel tipo: Margas con turrítelas, Ilerdense medio.

Descripción: Se ha prestado hasta ahora escasa atención a esta especie de Nummulites de D'Archiac, porque fue publicada fuera de su *Monographie*. En su colección está tan bien representada, que no cabe ninguna duda acerca de su definición. La descripción suministrada por D'Archiac es, en cambio más bien parva: «Fort petite; elle a un peu l'aspect et les dimensions de la *N. Leymerici*, mais elle appartient au groupe des striatae».

Poco se podía hacer con esta descripción, puesto que también la *Assilina leymerici* era muy insuficientemente conocida hasta entonces. Sin embargo señala tres características que la distinguen netamente de las formas emparentadas procedentes del Ilerdense medio de los Corbières: 1) La dimensión, 2) La forma exterior de tipo assilina, 3.) Las bandas septales, visibles al exterior, que muestran que no se trata de una *Assilina*. De todos modos, hemos de añadir, como comentario al tercer punto, que D'Archiac mismo designó en una caja de su colección, ejemplares típicos de *N. couizensis* como *N. leymerici* (véase lám. I, fig. 3, 7 y 8), pero quizá lo hizo antes de haber reconocido la nueva especie.

Como en el caso de otras muchas especies, designó D'Archiac formas A y B con el mismo nombre.

Forma B.

Dimensiones: El ejemplar más grande de entre los que se han representado, ofrece un diámetro de 5,7 mm. sobre un grosor de 1,5 mm.; y el más pequeño de 3,5 mm./1,3 mm. Promedio: 5 mm./1,4 mm. El lectotipo mide 5,0 mm. por 1,3 mm.

Exterior: Los ejemplares típicos (lám. I, fig. 1a-b (lectotipo); 11; lámina II, fig. 3a-b) están deprimidos en su centro, por lo que asemejan a las assilinas. Esta depresión resulta de que las alas septales de las vueltas externas no alcanzan ya el centro. Esta especie pertenece, por consiguiente, al grupo de los nummulites no completamente involutos, como son el *N. exilis* Douv. y *N. bearnensis* (Schaub y Schweighauser) (= *N. planulatus-bearnensis* Schaub y Schweighauser, 1952).

Si se observa la superficie bajo el agua (lám. I, fig. 1b, 2, 5; lám. II, figura 1b, 3a, 4b), se observan con nitidez las «trabéculas transverses» en las bandas septales, así como su doblamiento o arqueamiento hacia las constituidas anteriormente, lo que tiene lugar a bastante distancia del centro en el caso de las vueltas externas. Las primeras vueltas constituyen, en el espacio libre creado de esta manera en la región polar, un poderoso pilar central. Se aprecia, en la estructura intermedia, cómo se deposita, a lo largo de la banda septal, un espesor bastante considerable de la sustancia del caparazón, imperforada, por lo que las porciones libres de la banda septal de las primeras vueltas, sólo parcialmente recubiertas, aparecen intensamente engrosadas (especialmente visible en la lám. I, fig. 1b y 5, y en la lámina II, fig. 1b, 3a y 4). No en todos los ejemplares alcanza el pilar central el mismo desarrollo en longitud. Si se inicia pronto el crecimiento, se origina la típica forma aplastada con la depresión en la región de polos, la cual condiciona la forma tipo assilina; si continúa el crecimiento del pilar central, da lugar a una forma de sección fusiforme y, a menudo, incluso a un engrosamiento en el polo.

La sección ecuatorial muestra una espiral que crece en forma regular hasta la quinta vuelta (cinco vueltas en un radio de 1 mm.); a partir de la sexta se inicia un crecimiento intensificado y al mismo tiempo irregular, lo que está en relación de dependencia con respecto al carácter más marcadamente evolutivo del caparazón: 6 vueltas en un radio de 1,6 a 1,7 mm., 7 en 2,2 a 2,4 mm. y 8 en 3 mm.

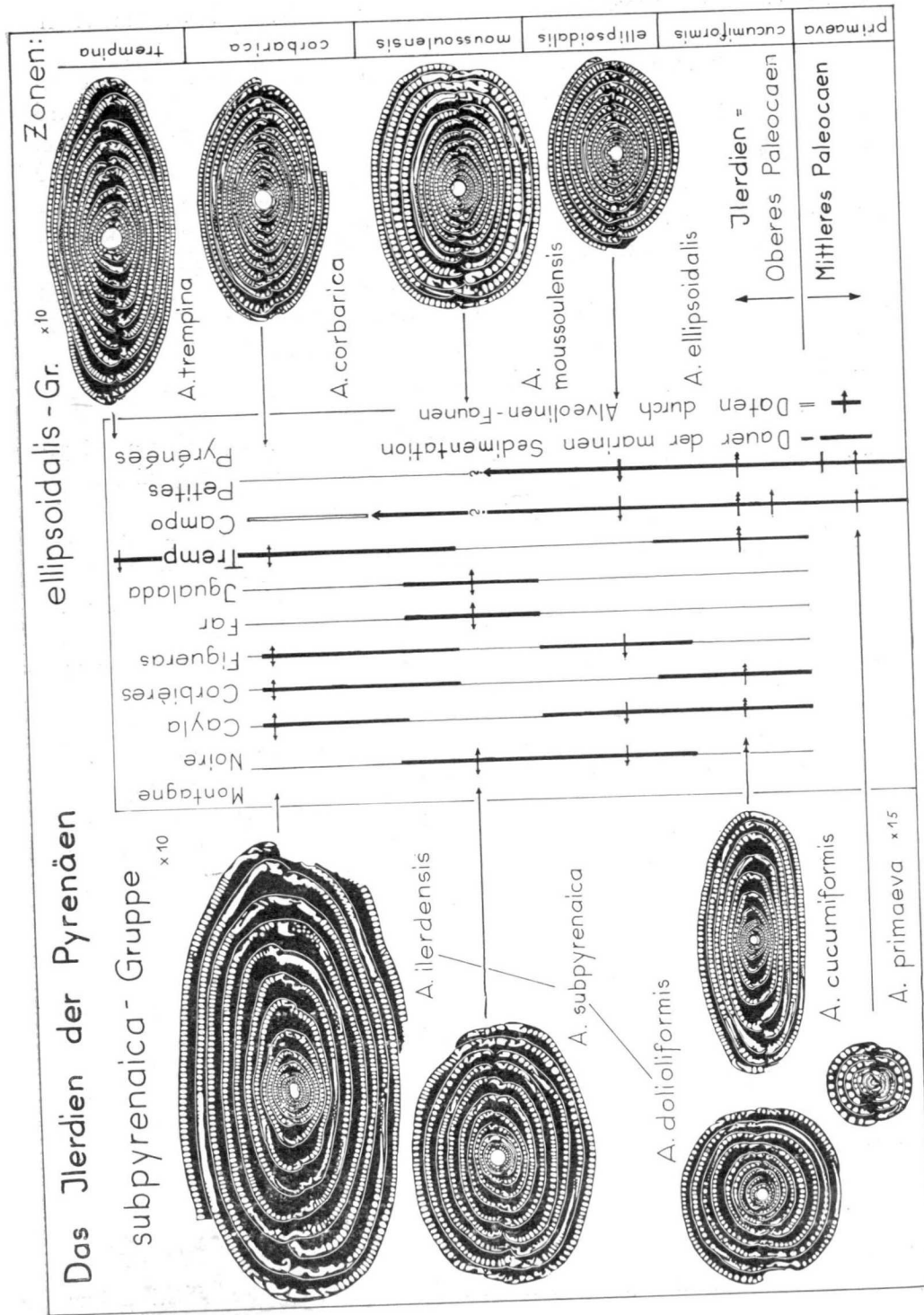
El cordón dorsal es más bien delgado, de 1/5 a 1/3 de la altura de la cámara. Las septas son rectas abajo, se colocan casi verticales con respecto a la vuelta anterior, y se doblan después lentamente hacia atrás. La forma y ordenación de las septas es muy regular en las cinco primeras vueltas, y se hace con frecuencia más irregular a partir de la sexta, la cual cuenta hasta 24-30 cámaras. Estas tienen doble altura que longitud.

Forma A

De entre los más pequeños ejemplares que figuramos, procedentes de la colección de D'Archiac, hemos de considerar como formas A seguras los de las figs. 9 a 11 de la lám. I, mientras que las figs. 3, 7 y 8 son al parecer formas A, pero sin que se excluya la posibilidad de que se trate también de formas B jóvenes. No encontramos en la colección de D'Archiac ninguna sección ecuatorial de formas A. En cambio, figuramos tres formas A, típicas y seguras, procedentes de nuestra propia colección.

Dimensiones: Diámetro/grosor = 2,2 mm./1,0 mm. hasta 3,6 milímetros/2,0 mm.

El exterior muestra, en versión reducida, las mismas características que



la generación microsérica. La sección transversal tipo assilina resulta todavía más acusada, la mayor parte de las veces.

Sección ecuatorial: Las dos primeras cámaras constituyen el conocido 8, y de ellas la primera es ligeramente más grande que la segunda. Diámetro de la megalosfera: 0,13-0,17 mm. La espiral crece de manera claramente perceptible hasta la vuelta más externa, en las 2-3 primeras vueltas más de las veces con más regularidad que las 4 y 5. Un ejemplar relativamente más espiralado, tiene 4 vueltas en un radio de 1,6 mm.; otro de arrollamiento más apretado, muestra 4 vueltas en un radio de 1,2 mm. y de 5 en 1,7 mm. Las cámaras y las formas de las septas corresponden con las de la forma B.

Relaciones con respecto a otras especies.

Esta forma está emparentada con *Nummulites exilis* Douvillé 1919, *Nummulites exilis robustus* Schaub, 1951 y *Nummulites bearnensis* (Schaub y Schweighauser, 1951) (= *N. planulatus bearnensis* Schaub y Schweighauser 1951). Los *Nummulites exilis* y *N. exilis robustus* se diferencian del *N. couisensis* por su forma más grande y aplastada, de más amplia espiral, y, en el caso de la forma A, por su megalosfera de mayor tamaño. El *Nummulites bearnensis* está más próximamente emparentado con el *N. couisensis*, por sus vueltas externas evolutas y su forma assilínica, que con el *N. planulatus*, por lo que esta forma (procedente de las capas nummulitíferas más viejas de los estratos de Gan) no puede ser considerada ya como subespecie del *N. planulatus*. Sin embargo, se diferencia netamente del antiguo *N. couisensis*, sobre todo por sus mayores dimensiones y por su espiral de crecimiento débil. Podemos considerar el *N. bearnensis* como forma del Ilerdense más alto, mientras que el *N. couisensis*, así como el *N. exilis*, caracterizan el Ilerdense medio.

LAS ASSILINAS

D'Archiac conocía el género «*Assilina* D'Orbigny, 1826», mejor que la mayor parte de sus sucesores.

Atribuía las assilinas a los nummulites, como *Nummulites explanatae*, pero no sin dejar de reconocer que había de considerarse al *Nummulites spirra* como la especie tipo del género *Assilina*. Excluye, de entre las assilinas de D'Orbigny, la *Assilina discoidalis* (como foraminífero reciente, mal conocido) y *Assilina undata* (como operculina).

La exposición que de las assilinas hizo Bousac (1911), contiene especialmente grandes equivocaciones, de trascendencia para la estratigrafía, lo que condujo repetidamente a falsas determinaciones de edad y además a

la conclusión de que no se podía llevar a cabo determinación alguna exacta de edad sobre la base de las assilinas. En realidad, constituyen las assilinas excelentes fósiles-guía para la subdivisión del Terciario bajo. Las assilinas de la *Monographie* de D'Archiac podrían haber servido ya para esos fines, si se hubiesen tomado como puntos de apoyo los tipos y el material procedentes de las localidades tipo, lo que por otra parte propugnaba el mismo Boussac, pero sin aplicarlo en el caso de las assilinas. Hemos tratado de cumplir con esta exigencia o condición y hemos comprobado, en el caso de la revisión de los tipos de D'Archiac, y con sorpresa por nuestra parte, de que entre los que nos ha precedido en el estudio de las assilinas ninguno había alcanzado el nivel de conocimientos de D'Archiac.

D'Archiac menciona en su *Monographie* 6 especies de assilinas: *spira*, *exponens*, *mamillata*, *granulosa*, *placentula* (8) y *leymeriei*.

Actualmente hay que abandonar la *mamillata* como sinónima (forma A) de la *Ass. exponens*. Las cinco restantes, con inclusión de la *Ass. leymeriei* (de la que nos ocuparemos con mayor atención), representan buenas especies, que de todos modos pueden ligarse parcialmente mediante formas de transición. Caracterizan los siguientes tramos:

<i>Ass. exponens</i> Sow., 1840	Luteciense
<i>Ass. spira</i> (de Roissy), 1805	Luteciense
<i>Ass. granulosa</i> (D'Archiac y Haime), 1853 (9)	Cuisense
<i>Ass. placentula</i> (Desh.), 1838	Cuisense
<i>Ass. leymeriei</i> (D'Archiac y Haime), 1853	Ilerdense

Pero sustituyendo el nombre de *granulosa* por el de *Ass. laxishvili* (D. L. H.), 1926 (cf. H. Schaub, 1956).

ASSILINA LEYMERIEI (D'Archiac y Haime), 1853

Lám. III, fig. 1-8; Lám. IV, fig. 1-16; fig. 1.^a del texto.

Formas B y A, 1853: *Nummulites leymeriei*, nov. spec. D'Archiac y Haime, 1853, p. 153, pl. XI, fig. 9, a, b, c.

(8) En 1951 volvimos a adoptar el antiguo nombre dado por Deshayes; también hemos podido comprobar, al llevar a cabo la revisión de los tipos de D'Archiac, que ya este autor había vuelto a la antigua denominación en los ejemplares de su colección, y sólo después nos dimos cuenta de que el «Apéndice» de su *Monographie* había sustituido de nuevo, de forma manifiesta, su designación de *Nummulites granulosa* var. a por *N. placentula*: «En étudiant de nouveau la *N. granulosa*, var. a des marnes de Crimée, nous avons pu nous convaincre que sa spire offre des caractères constants, distincts de ceux du type, ce qui nous engage à lui restituer le nom sous lequel M. Deshayes l'avait d'abord fait connaître».

(9) Non de D'Archiac, 1850.

Forma B, 1905: *Assilina granulosa*, D'Archiac, var. *minor*, Doncieux, 1905, pág. 117.

Forma A, 1905: *Assilina leymeriei*, D'Archiac, Doncieux, 1905, pág. 118.

Forma B, 1926: *Ass. granulosa*, D'Archiac, Doncieux 1926, pág. 48, pl. V, figs. 27-29.

Forma A, *Ass. leymeriei*, D'Archiac, Doncieux, 1926, pág. 51, fig. del texto número 19 y lám. V, figs. 30-35.

Forma A, 1951: *Ass. aff. nili*, De la Harpe, Schaub, 1951, figs. del texto 309 a-c.

non: *Ass. leymeriei* alium auctorum

Esta *Assilina* de la colección suministró la gran sorpresa. Aquellos autores que designaron las generaciones microféricas y las megalosféricas con diferentes nombres, llamaron *Ass. leymeriei* a las formas A de *Ass. granulosa* o de *Ass. placentula*. En ambos casos, incorrectamente. En la *Monographie* corresponden en la plancha XI, las figs. 10 y 11 la variedad a y sólo la figura 9 representa el tipo. En la colección encontramos, en la caja núm. 204, la siguiente descripción:

«N. *Leymeriei* D'Archiac et J. H. pl. XI fig. 9 St. Laurent (Corbières).»

En esta caja aparecen adheridas dos filas o series de assilinas. En la fila superior hay 10 ejemplares grandes, con diámetros de 3.5 a 5.5 mm. De entre ellos hay uno que está cortado ecuatorialmente. Es una forma B de 4 mm. de diámetro. El último ejemplar [11] de la fila superior, es una forma A, seccionada ecuatorialmente con un diámetro de 2.5 mm. La fila inferior se compone de 11 ejemplares pequeños y completos con diámetros de 2 a 3 mm.

Como *holotipo* hemos de considerar el ejemplar representado en la fig 9 de la plancha XI. Es el mayor de los dos que ofrecen la sección ecuatorial de entre los contenidos en la caja núm. 204, y se manifiesta como forma B, y no como A, según permitiría sospechar el dibujo de la fig. 9, poco claro en su zona central. En sus dimensiones y por otras características de la espiral, coincide completamente con la fig. 9 de D'Archiac. Es el único ejemplar de entre todos los figurados, que fue designado por D'Archiac como «tipo» y no como «var».

Formas B.

Como consecuencia de la importancia estratigráfica de estas formas, presentamos en la lámina III, figura 4, una fotografía del holotipo; junto

con otras espirales de forma B de la colección del autor (10), procedentes de la localidad tipo de St. Laurent-de-la-Cabrerisse en los Corbières, Dép. Aude (cerca de la masía Le Rabet en la carretera que va a Coustouge), (figs. 1, 2, 5, 6, 8) y de Puigmasana cerca de Tremp (prov. de Lérida) (figuras 3 y 7).

En la lám. IV figuramos el exterior de otras formas B de la fila superior de la caja 204 de la colección de D'Archiac. No sólo por los tipos de la colección, sino también por la descripción que del tipo se hace en la *Monographie*, se deduce que D'Archiac quería comprender en la designación de *N. leymERICI*, tanto las formas A como las B («Une loge centrale quelquefois très-petite et même inappréciable»). Desgraciadamente, el holotipo no se conserva ya completo: las vueltas externas están ahora parcialmente rotas (11). Esta es la razón por la que figuramos aquí, además, espirales completamente conservadas procedentes de la localidad tipo St. Laurent, que coinciden con el holotipo (lám. III, figs. 1, 2, 5 y 6), junto con un ejemplar más grande de la misma localidad, y un ejemplar típico y más grande, procedente de la localidad tipo del Ilerdense, tomado de la parte media del corte de Tremp (prov. de Lérida).

El estado de conservación de los ejemplares reproducidos en las figuras 1, 2, 5, 6 y 8 de la localidad tipo, sólo en apariencia difieren del holotipo: éstos han sido fotografiados bajo agua, mientras que el holotipo (fig. 4), fue fotografiado en seco.

Formas A.

La figura 15 de la lámina IV representa el exterior de una forma A procedente de la colección D'Archiac (fila inferior de la caja 204). Las figuras 9-12 y 16 son otras formas A de la localidad tipo, pero proceden de la colección del autor. La única sección ecuatorial de una forma A en la caja 204 no es apropiada para su reproducción fotográfica. En la figura 1.^a del texto damos un dibujo de la misma. Varía en las dimensiones, y en el transcurso de su espiral, de la imagen del holotipo. En la lámina IV, figuras 1-8, reproducimos unas fotografías de secciones ecuatoriales de la localidad tipo St. Laurent, procedentes de la colección del autor. Es posible que las figuras 1, 2 y 5 representen las formas A de la variedad mayor, cuyas formas B están reproducidas en las figuras 7 y 8 de la lámina III, mientras que las 3, 4 y 6-8 han de considerarse como típicas. La figura 3 coincide mejor, por su estado de conservación (cámaras parcialmente rellenas de pirita), y en sus dimensiones, con la sección ecuatorial de la forma A de la colección de D'Archiac.

(10) En el departamento geológico del Museo de Historia Natural de Basilea.

(11) Sin duda en relación con lo que menciona una nota encontrada en la colección, que dice: «Les tiroirs de la collection de D'Archiac ont été renversés en février 1898».

RELACIONES CON RESPECTO A OTRAS ESPECIES

Para que se pueda apreciar la diferencia existente entre la *Assilina leymERICI* y las del Cuisense y Luteciense, con las que hasta ahora ha sido confundida, representamos en la figura 1 del texto dibujos de las secciones ecuatoriales de las especies de assilinas más importantes desde el punto de vista estratigráfico. Las diferencias estriban sobre todo en las dimensiones. Las más típicas de entre las formas B de *Ass. leymERICI*, ofrecen un diámetro de 4-5 mm., aunque también las hay con diámetro de 3 y 7 mm. Por el contrario, la forma B de la *Ass. placentula*, la más chica de las dos assilinas cuisenses con las que con más frecuencia se han confundido la *Assilina leymERICI*, tiene un diámetro de 7 a 13 mm., aunque la mayor parte de los ejemplares se sitúa entre 9 y 11 mm.

Las mismas diferencias se aprecian en la forma A: *Ass. leymERICI* entre 1,5 y 3,5 mm., y casi todas entre 2 y 2,8 mm., mientras que el de la *Ass. placentula* A yace entre 3,5 y 5,5 mm., y el de la mayor parte entre 4 y 5 mm. El diámetro de la megalosfera de *Ass. placentula* es, para la mayor parte, de 0,2-0,3 mm., mientras que en el caso de la *Ass. leymERICI* yace entre 0,15 y 0,2 mm.

Por lo que se refiere a las diferencias con respecto a otras assilinas de Ilerdense (*Ass. pustulosa*, *nili*, *arcensis* y otras, entre ellas las especies indicadas), nos ocuparemos de esa materia cuando hagamos la descripción de dichas especies.

RELACIÓN DE LA LITERATURA CITADA

- D'ARCHIAC, A.: *Faune tertiaire inférieure*, in: DE TCHERHATCHEFF, P.: *Asie mineure* (1866).
 --- & HAIME, J.: *Monographie des Nummulites*, Paris (1853).
 BOUSSAC, J.: *Etudes paléontologiques sur le Nummulitique alpin*, «Mém. Carte géol. France», Paris, (1911).
 DOUCHEUX, L.: *Catalogue descriptif des fossiles nummulitiques de l'Aude et de l'Hérault*, 1.^{re} partie: *Montagne Noire et Minervois*, «Ann. Univ.» Lyon, N. S. I., 17 (1905).
 --- *Catalogue descriptif des fossiles nummulitiques de l'Aude et de l'Hérault*, 2.^e partie: *Corbières septentrionales*, «Ann. Univ.» Lyon, N. S. I., 17, (1926).
 DOUVILLÉ, H.: *L'Eocène inférieur en Aquitaine et dans les Pyrénées*, «Mém. Carte géol. France», Paris (1919).
 DE LA HARPE, P.: *Etude des Nummulites de la Suisse et révision des espèces éocènes des genres Nummulites et Assilina*, «Mém. suisses de Pal. 8 10, (1881-1883).
 --- *Monographie des in Égypten und der libyschen Wüste vorkommenden Nummuliten*, «Paläontogr.» Cassel, 30, pal. Teil, Abt. 1.
 «Paläontogr.» Cassel, 30, pal. Teil, Abt. 1, (1883).
 --- *Matériaux pour servir à une monographie des Nummulites et Assilines*, Rédigé par PAUL ROZLOSNIS, A. M. KÉ, *Földtani Int. Eyrkönyve*, 27 (1926).
 HOFINGER, L., & SCHAUB, H.: *Zur Stufeneinteilung des Paläocènes und des Eocènes*,

- Einführung der Stufen Tertiär und Quartär.* «Eclogae geol. Helv.» (1900).
- SCHAUB, H.: *Stratigraphie und Paläontologie des Schlierenflysches mit besonderer Berücksichtigung der paläocänen und untereocänen Nammuliten und Assünen.* «Schweiz. pal. Abh. 68. (1951 a).
- *Über die Zugehörigkeit der paläocänen und untereocänen Nammuliten zu Entwicklungsreihen.* «Eclogae geol. Helv. 43 (1951 b).
- *Zur Nomenklatur und Stratigraphie der europäischen Assünen.* «Vorläufige Mitteilung Eclogae geol. Helv. 48 (1955).
- SCHAUB, H. & SCHWELIGHAUSER, J.: *Nammuliten und Discocystites aus dem tiefsten Untereocän von Göt.* «Eclogae geol. Helv. 43 (1951).

L A M I N A S

Fig. 1.—Secciones ecuatoriales de algunas formas-guía de *Assilina*.

- a) *Assilina leymERICI* d'Archiac y Haime forma A.
St. Laurent de la Cabrerisse (Aude), Ilerdense medio, colección de d'Archiac, París, caja 204.
- b) *Assilina placentula* Deshayes forma A.
Tejería de Gan (Basses Pyrénées) Cuisense, Colección H. Schaub, Naturhistorisches Museum, Basilea núm. C. 3021.
- c) *Assilina laxispira* (De la Harpe) formas A.
Bos d'Aros (Basses Pyrénées) Cuisense, Colección M. Schaub, Naturhistorisches Museum Nr. C 3022.
- d) *Assilina spira planospira*. Boubée forma A.
Moulin d'Arrimblar, Bastennes (Landes) Luteciense Medio, Colección M. Schaub, Naturhistorisches Museum. Basilea, núm. C 3023.
- e) *Assilina exponens*. Sowerby forma A.
La Mortola, capas con assilinas, Luteciense superior, Colección de la Harpe. Lausana, núm. 4530.
- Todas $\times 10$.

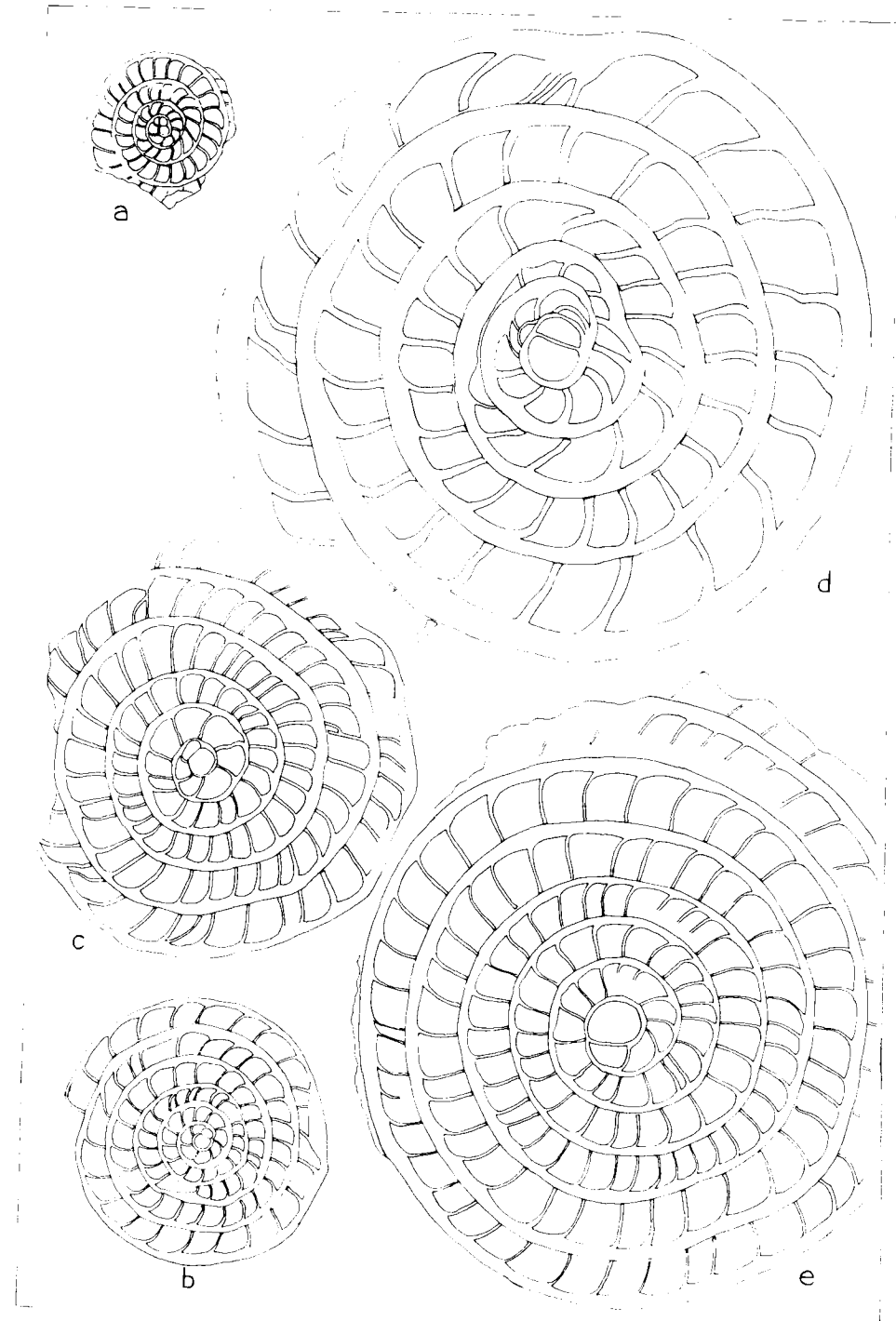


Fig. 1.



LÁMINA I

Nummulites couisensis d'Archiac 1866, todos ellos procedentes de la colección de d'Archiac, Museum National d'Histoire Naturelle, París. Ilerdense medio (Paleoceno superior) de Couiza, Corbières, Dept. Aude. Todos $\times 10$.

Fig. 1 a.—Forma B. Lectotipo. Superficie en seco.

Fig. 1 b.—El mismo ejemplar. Superficie bajo agua.

Figs. 2, 4, 5 y 6.—Son paratipos de la misma caja «*Nummulites couisensis*, d'Archiac, Couiza Aude».

Fig. 2.—Forma B. Superficie bajo el agua.

Fig. 4.—Forma B. Sección ecuatorial bajo el agua.

Fig. 5.—Forma B. Superficie bajo agua.

Fig. 6.—Forma B. Sección ecuatorial bajo agua.

Figs. 3, 7 y 8.—Formas B o formas A? Superficies típicas.

De una caja bajo la designación de «*Nummulites Leymeriei* d'Arch., J. Haime, Couiza (Aude)».

Fig. 3.—En seco.

Figs. 7 y 8.—Bajo agua.

Figs. 9, 10 y 11.—Formas A. Superficies en seco.

De un tubito adherido a un cartón que dice «*Nummulites Couisensis* d'Archiac, Couiza (Aude)».

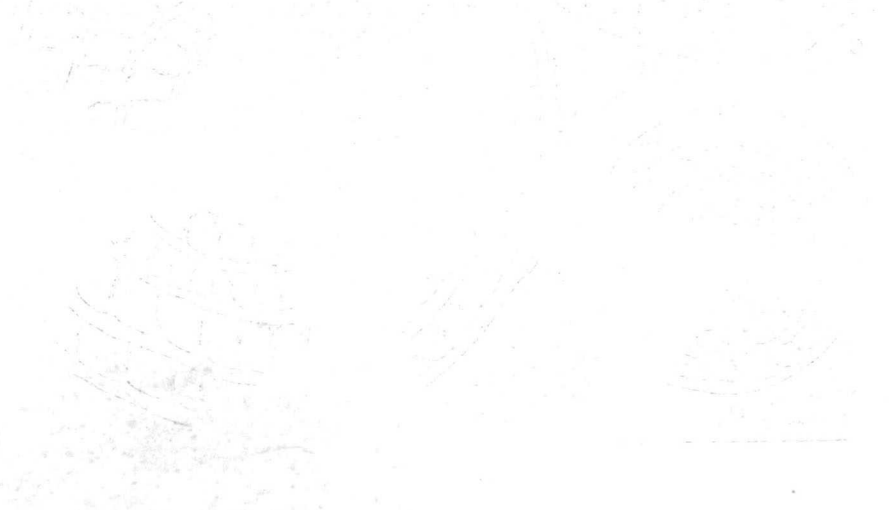


LÁMINA I

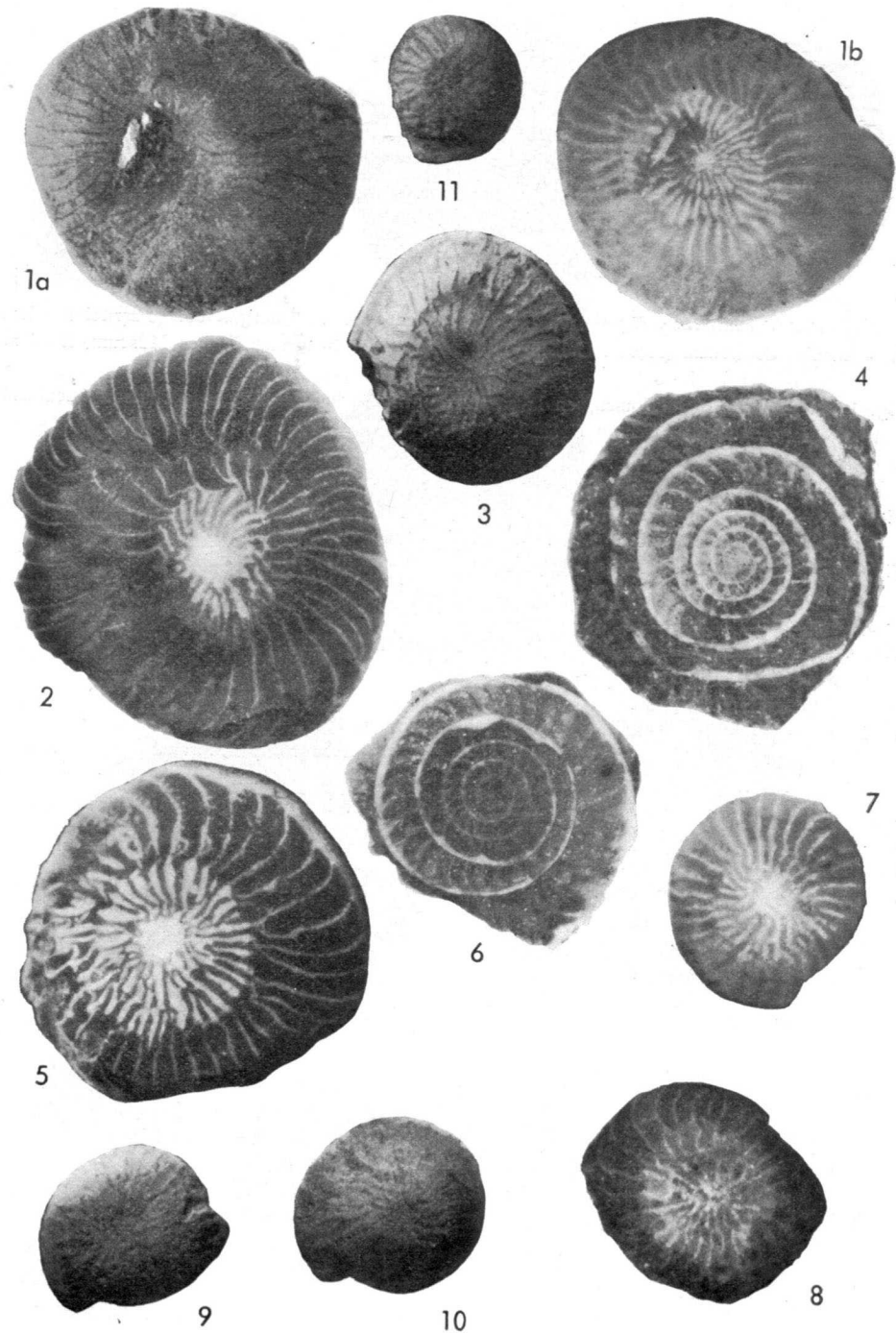


LÁMINA II

Nummulites couisensis d'Archiac, 1866, procedente de las margas con Turritelas (Ilerdense medió) de Couiza (Aude), Colección de M. Schaub. Naturhistorisches Museum, Basilea.

Fig. 1 a-b.—Forma B de Couiza, en la carretera que conduce a Rennes-le-Château (localidad tipo), número de la colección C. 3026.

a) Sección ecuatorial.

b) Superficie, ambas bajo agua.

Fig. 2 a-b.—Forma B. Couiza, en la carretera que conduce a Rennes-le-Château, núm. C. 3029. Ejemplar completo, ambas superficies en seco.

Fig. 3 a-b.—Forma B de Antugnac junto a Couiza, núm. C. 3048.

a) Superficie bajo agua.

b) Espiral bajo agua.

Fig. 4 a-b.—Forma B de Antugnac junto a Couiza, núm. 3046.

a) Superficie bajo agua.

b) Superficie bajo agua.

Fig. 5 a-b.—Forma A. Antugnac junto a Couiza, núm. 3057.

a) Corte ecuatorial. Una porción de la última vuelta se rompió durante la preparación.

b) Superficie.

Figs. 6 y 7.—Corte ecuatorial de formas A de Couiza, localidad tipo. Bajo agua.

Fig. 6.—Núm. C. 3034.

Fig. 7.—Núm. C. 3031.

Fig. 8.—Superficie de una forma A de Antugnac cerca de Couiza bajo agua. Núm. C. 3053.

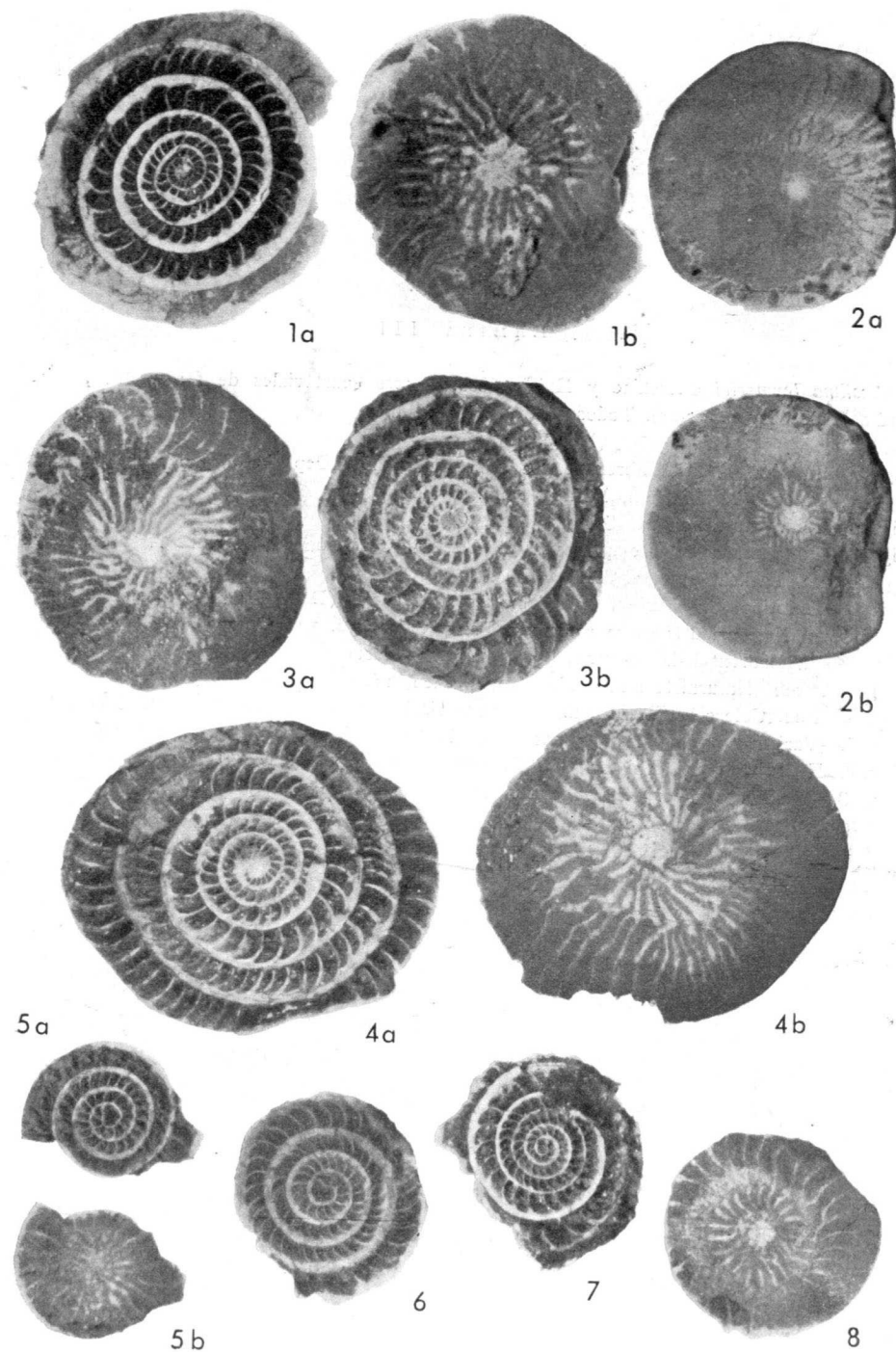


LÁMINA III

Assilina leymeriei d'Archiac y Haime 1853. Cortes ecuatoriales de formas B. Ilerdense medio (Paleoceno superior). Todos $\times 10$.

- Fig. 1.—St. Laurent-de-la-Cabrerisse. Le Rabet, Corbières (Dep. Aude) Colección N. Schaub, Naturhistorisches Museum, Basilea, núm. C 3014.
 Fig. 2.—Ibid., Colección H. Schaub, núm. C 3015.
 Fig. 3.—Puigmasana de Tremp (prov. de Lérida). Colección H. Schaub. Naturhistorisches Museum, Basilea, núm. C 3019.
 Fig. 4.—Holotipo. St. Laurent-de-la-Cabrerisse, Corbières (Dep. Aude). Colección d'Archiac. Museum National d'Histoire Naturelle. Paris. Caja núm. 204.
 Fig. 5.—St. Laurent-de-la-Cabrerisse. Granja «Le Rabet», Corbières (Dep. Aude). Colección H. Schaub. Naturhistorisches Museum, Basilea, núm. C 3016.
 Fig. 6.—Ibid. Colección H. Schaub. Naturhistorisches Museum, Basilea, núm. C 3017.
 Fig. 7.—Variedad mayor, de Puigmasana de la Conca de Tremp (prov. de Lérida). Colección H. Schaub, Naturhistorisches Museum, Basilea, núm. C 3020.
 Fig. 8.—Variedad mayor, St. Laurent de la Cabrerisse. Granja «Le Rabet» Corbières (Dep. Aude). Colección H. Schaub, Naturhistorisches Museum Basilea, núm. C 3018.

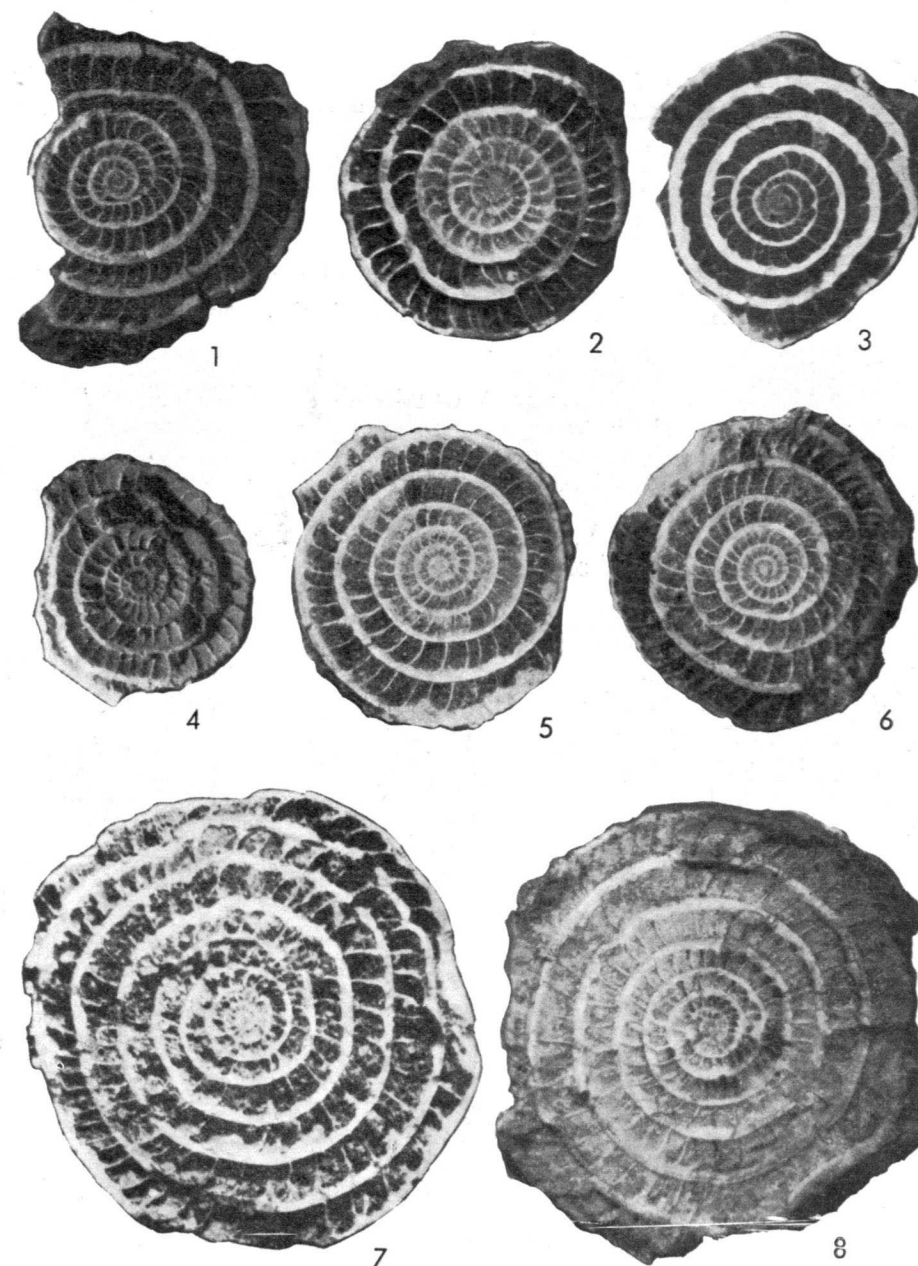


LÁMINA IV

Assilina leymeriei d'Archiac y Haime, 1853, de la localidad tipo de St. Laurent de la Cabrerisse. Granja «Le Rabet», Corbières (Dep. Aude). Ilerdense medio (Paleoceno) superior). Todos $\times 10$.

Figs. 1-8.—Cortes ecuatoriales de formas A (megalosféricas). Colección de M. Schaub, Naturhistorisches Museum, Basilea.

Fig. 1.—Variedad mayor, núm. C 3001.

Fig. 2.—Variedad mayor, núm. C 3002.

Fig. 3.—Tipo, núm. C. 3003.

Fig. 4.—Tipo, núm. C 3004.

Fig. 5.—Variedad mayor, núm. C 3005.

Fig. 6.—Tipo, núm. 3006.

Fig. 7.—Tipo, núm. C 3007.

Fig. 8.—Tipo, núm. C 3008.

Figs. 9-12 y 16.—Superficies de formas A (megalosféricas). De la colección de M. Schaub, Naturhistorisches Museum, Basilea.

Fig. 9.—Núm. C 3009.

Fig. 10.—Núm. C 3010.

Fig. 11.—Núm. C 3011.

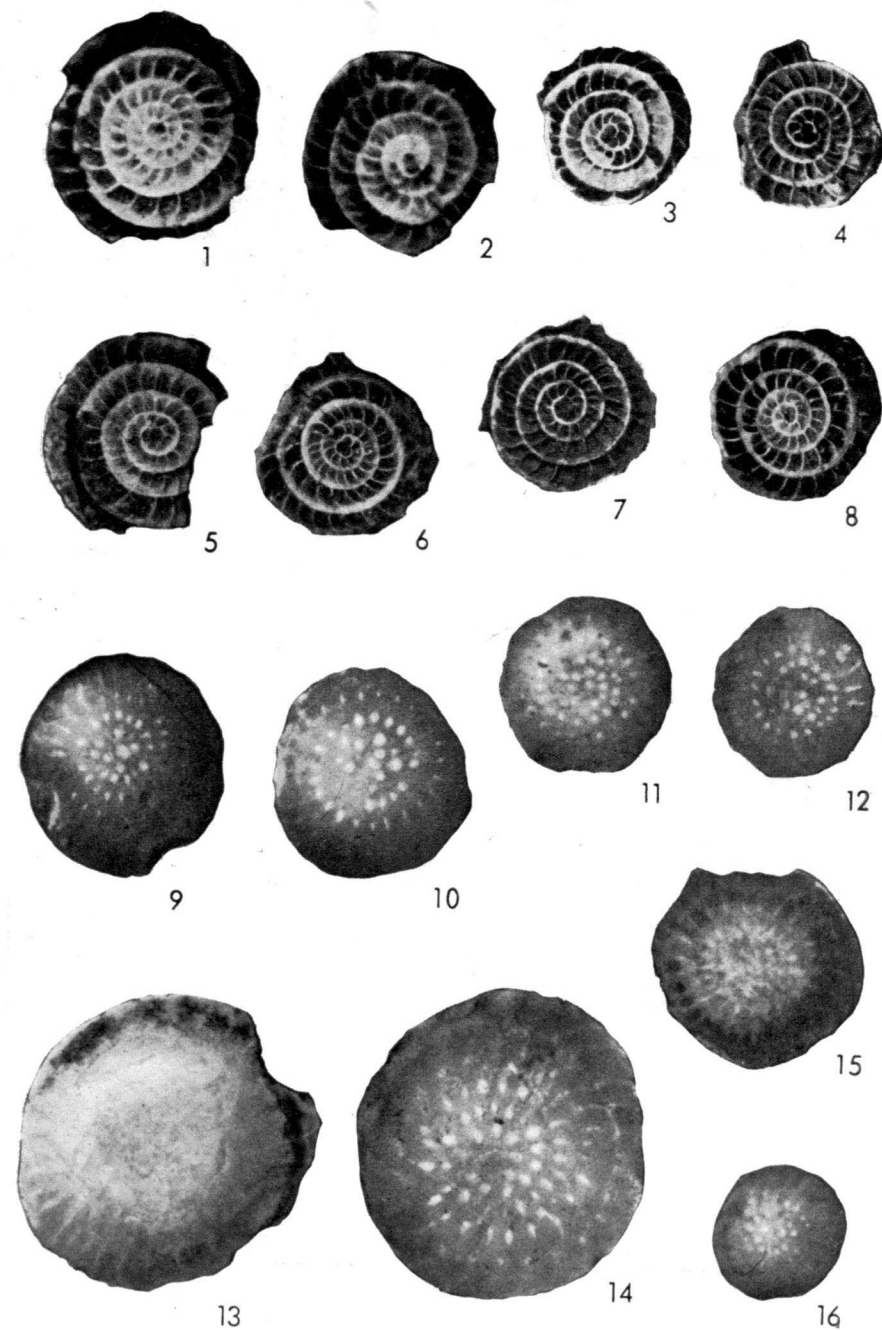
Fig. 12.—Núm. C 3012.

Fig. 16.—Núm. C. 3013.

Fig. 13-15.—Superficies. Colección de d'Archiac. Museum National d'Histoire Naturelle, París. Caja núm. 204.

Fig. 13 y 14.—Formas B (microsféricas).

Fig. 15.—Al parecer forma A (megalosféricas).



Dr. JOAQUIN MULAS SANCHEZ

GRANATES, ANDALUCITAS Y TURMALINAS DE LAS ROCAS DEL COMPLEJO METAMORFICO DE CEBREROS

RESUMEN

Se ha investigado sobre la presencia de granates andalucitas y turmalinas en determinadas rocas y zonas y su ausencia en otras.

Los datos están basados principalmente en otro trabajo más extenso titulado *Petrología de la zona de enlace Guadarrama-Gredos*.

Se llega a conclusiones sobre las paragénesis de estos minerales, a su probabilidad de hallazgo en determinadas rocas, y a sus relaciones con las zonas cataclásticas y de contacto.

Además se plantea la significación que puede tener la ausencia casi constante de estos minerales en rocas como los pórfidos, cuando aparecen en los granitos encajante

RESUMÉ

On a fait des recherches sur la présence de grenats d'andalousite et de tourmalines dans de certaines rocs et de même sur leur absence dans d'autres.

Les données sont appuyées principalement sur un autre travail plus étendu intitulé «Petrología de la zona de enlace Guadarrama-Gredos».

On arrive à des conclusions sur les paragéneses de ces minéraux, sur leur chance d'être trouvés dans de certains et sur leurs relations avec les zones cataclastiques et de contact.

Outre cela on doit se demander quel sens peut avoir l'absence presque continue de ces minéraux dans des rocs comme les porphyres quand'ils apparaissent dans es granits encajantes.

SUMMARY

An investigation has been made about the presence of garnets, andalusites and tourmalines in certain rocks and at certain zones and about the fact of these stones not being present in other zones.

The data is mostly based on a longer paper intitulated «Petrología de la zona de enlace Guadarrama-Gredos».

The author establishes conclusions on de paragenesis of those minerals and the probability of finding them in certain rocks. He also determinates their relations with the cataclastic and the contact zones.

He moreover states the meaning that the absence, almost constant, of those minerals may have in rocks like porphyry, while they are found in the next granites.

PREÁMBULO

El estudio de la Petrología de la zona intermedia de las sierras de Guadarrama y Gredos, hechos por mí de una manera global, hubiere resultado desmesuradamente largo, si cada uno de los problemas surgidos se hubiera desarrollado con todo detalle. El trabajo no estaba concebido para detenerse en el estudio minucioso de los minerales; las unidades eran allí las rocas, y así muchos de los asuntos que salían del programa previamente trazado, quedaron simplemente esbozados para ser desarrollados más tarde.

Precisamente uno de los problemas tratados superficialmente fue el relativo a la presencia de granates, andalucitas y turmalinas en determinadas zonas y rocas, y su ausencia en otras. En el presente trabajo se ha investigado sobre el problema, centrandó la cuestión sobre aquellos datos de campo y microscopio que estén relacionados con tales minerales.

CUADRO DE SITUACIÓN

Sobre un rectángulo constituido por una isla de neis y micacitas rodeada de granito y gran abundancia de diques ácidos y lamprofíticos, se recogieron 402 muestras, que corresponden a una muestra por kilómetro cuadrado aproximadamente. En 59 de ellas se encontraron representación de alguno o algunos de los minerales que importan a este estudio y son las únicas que se tienen en consideración en el siguiente cuadro. En él se ha de tener en cuenta que la ordenación de las muestras se ha comenzado por las de la parte Norte, dando luego preferencia a las del Oeste.

En algunas ocasiones utilizaremos las letras G, A, T por granate, andalucita y turmalina, respectivamente.

N.º	X	Y	Tipo de roca	G	A	T
1	550.000	663.000	Granito	.	X	.
2	529.725	668.300	Gne's...	.	X	.
3	»	»	Gneis...	X	X	.
4	»	»	Cuarcita...	.	X	.
5	537.550	668.300	Pegmatita	.	.	X
6	530.250	667.500	Granito	.	X	X
7	531.900	667.250	Gneis...	.	X	.
8	533.850	666.500	Gneis...	.	X	.
9	531.500	666.250	Granito	.	X	.
10	532.300	666.100	Gneis...	X	.	X
11	532.500	666.100	Micacita	X	.	X
12	530.250	665.725	Granito	.	X	.
13	532.400	665.825	Gneis...	.	.	X

N.º	X	Y	Tipo de roca	G	A	T
14	532.475	665.375	Cuarcita	X	.	.
15	532.700	664.725	Micacita	.	X	.
16	532.900	664.500	Granito	.	X	.
17	532.650	663.150	Pegmatita	.	.	X
18	533.850	660.850	Cuarcita	X	.	X
19	533.850	660.850	Aplita	.	X	X
20	533.175	660.750	Pegmatita	.	.	X
21	529.350	660.000	Aplita	.	.	X
22	529.350	660.000	Gneis...	.	X	.
23	532.000	660.000	Micacita	.	X	.
24	528.500	659.100	Granito	.	.	X
25	528.800	657.850	Cuarcita	X	.	.
26	528.750	658.250	Aplita	.	.	X
27	535.725	658.175	Granito	.	X	.
28	531.500	656.900	Micacita	X	.	X
29	529.500	656.250	Gneis...	X	.	.
30	530.500	653.850	Micacita	X	.	.
31	532.250	653.100	Granito	.	.	X
32	531.100	653.000	Micacita	X	.	.
33	532.500	652.450	Micacita	X	.	.
34	532.750	651.900	Micacita	.	X	.
35	533.300	651.700	Aplita	.	.	X
36	532.750	651.250	Gneis...	X	.	.
37	532.750	651.250	Micacita	.	X	.
38	527.350	650.700	Cuarcita	.	X	.
39	527.150	650.700	Cuarcita	.	X	.
40	530.850	650.600	Cuarcita	X	.	.
41	530.050	650.000	Micacita	X	.	.
42	531.400	650.000	Micacita	.	X	.
43	531.150	647.350	Gneis...	.	X	X
44	530.350	647.100	Gne's...	X	X	X
45	530.350	647.100	Gneis...	.	.	X
46	525.900	646.900	Granito	X	.	.
47	528.750	646.900	Gneis...	X	.	.
48	529.300	644.550	Gneis...	.	.	X
49	527.850	643.750	Micacita	.	X	.
50	530.650	643.750	Gneis...	.	.	X
51	531.450	643.500	Granito	X	.	.
52	530.450	642.400	Cuarcita	.	.	X
53	530.550	642.000	Gneis...	.	.	X
54	532.300	641.550	Gneis...	.	.	X
55	533.225	641.350	Micacita	X	.	.
56	535.200	640.800	Gneis...	.	.	X
57	535.500	640.250	Cuarcita	X	X	.
58	535.500	640.250	Cuarcita	.	X	.
59	535.500	640.200	Gneis...	.	X	X

La X representa presencia y el . ausencia.

Cuadro de relaciones (I)

Tipo de roca	Número de muestras	C o n							Total
		G	GA	GT	GAT	A	A'	T	
Granitos...	120	2	—	—	—	4	1	2	9
Gneis...	56	2	4	2	1	3	2	7	21
Micacitas...	61	5	—	1	—	5	1	—	12
Cuarcitas...	17	3	2	1	—	3	—	1	10
Aplitas...	38	—	—	—	—	—	2	2	4
Pegmatitas...	12	—	—	—	—	—	—	3	3
Otras rocas...	98	—	—	—	—	—	—	—	—
Total ...	402	12	6	4	1	15	6	15	59

Cuadro de probabilidad de las paragénesis (II)

Paragenesis	Granito	Gneis	Micacita	Cuarcita	Aplita	En total
GA	0	4/56	0	2/17	0	6/402
GT	0	2/56	1/61	1/17	0	5/402
GAT	0	1/56	0	0	0	1/402
AT	1/120	2/56	1/61	0	2/38	6/402

MUESTRAS REPRESENTATIVAS

Granito con granate. M-46.

Las Cruceras. Orillas Sur del Embalse del Alberche. Cercana al contacto granito-micacita. Algunos granitos se presentan en formaciones de diaclasado parabólico. Muy fresca. Grano grueso de feldspatos blancos con inclusiones micáceas. Micas muy negras. El cuarzo es granoblástico de recristalización, formado por pequeños individuos. Las plagioclasas, ortosa y poca microclina están rotas con las líneas de maclas desplazadas, aureolas reaccionales y finas mimequitas. La biotita presenta las láminas dobladas e incluye con frecuencia zircón y apatitos, siendo estos últimos relativamente grandes. Láminillas cloríticas sobre las plagioclasas. El granate es esporádico.

Gneis con granate. M-47.

En el kilómetro 24 del tramo de carretera comprendido entre El Tiemblo y el Embalse del Alberche. Lugar denominado El Enebral. Compacta, dura,

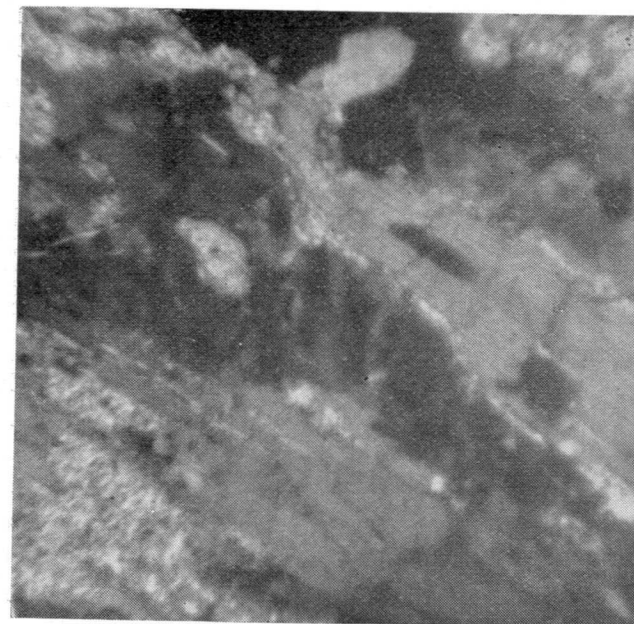


Foto 1.—Sobre la M-2. Gneis andalucítico. Ferritas y andalucita con alteración micácea en los bordes.

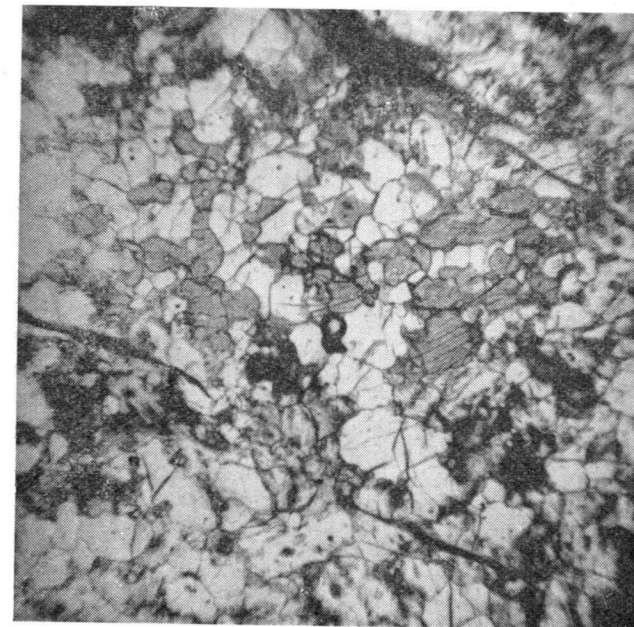


Foto 2.—Sobre la M-4. Cuarcita adalucítica. Cuarzo y cristales de andalucita.



negro verdosa, fresca y de capas muy finas. Homoblástica. En orden de abundancia se observan los siguientes minerales: Biotita formando haces muy densos. El cuarzo, la ortosa y la plagioclasa que no forman planos de único dominio. Magnetita, que en cordones puntiformes sigue en general la dirección de las capas sin llegar a formar líneas densas. Oligistos sobre las biotitas. Signos cataclásticos débiles.

Los granates son frecuentes y dan líneas discontinuas.

Micacita con granate. M-41.

Un centenar de metros al Sur del vértice geodésico de Merinas. Grano fino visible que forma capas homogéneas de elementos claramente lepidoblásticos de biotita y cuarzo. Magnetita en granos muy difundidos. Algunas líneas cuárcicas poseen granos algo mayores. Líneas de rotura oblicuas a la pizarrosidad normal donde las biotitas próximas pasan a clorita, cicatrizando la rotura o rellenándola. Hay granates de relativo gran tamaño, muy resquebrajados, teniendo las roturas llenas de biotita y moscovita.

Cuarcita con granate. M-25.

Fuente de la Venta en la carretera San Bartolomé-Cebreros. Dominio de las pizarras biotíticas satinadas. La cuarcita aparece empaquetada entre las pizarras, aunque no claramente concordante. Aspecto de pas.a de pórfido con salpicado de manchas marrones.

Estructura lepidoblástica heteroblástica. Dominio del cuarzo que alterna con finas capas micáceas con augita y algún feldespató. Rompiendo la estructura general aparecen nódulos relativamente gruesos de granate plagados de inclusiones redondeadas de cuarzo.

Gneis con granate y andalucita. M-3.

Cerro de los Burros. Domina el gneis sericitico. Ligeramente gneísica. Cuarzo, plagioclasa y ortosa. Débil representación de cordierita con sillimanita. Pocas placas micáceas, alteradas en policromía de productos. Frecuente andalucita en granos rotos. Pocos granates relativamente grandes.

Cuarcita con granate y andalucita. M-57.

Al pie del Cerro Guisando, ladera SE. Zona de tránsito difuso entre el granito y el gneis. La roca dominante en un granito gneísico en grandes can-

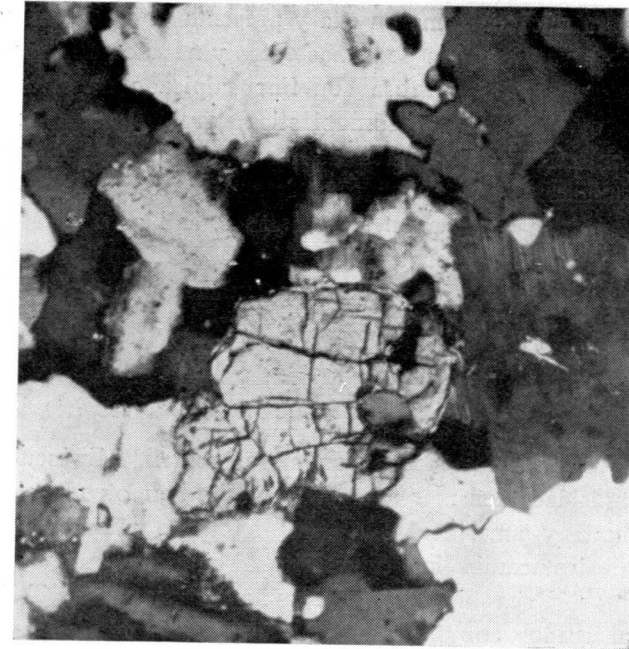


Foto 3.—Sobre la M-6. Granito. Plagioclasa, cuarzo ortosa, moscovita y cristal de andalucita en el centro.



Foto 4.—Sobre la M-10. Gneis turmalinífero.

chales. La cuarcita micácea arma en ella y presenta digitaciones hacia la roca encajante. Se observan también pequeñas vetas y nódulos de granitización sobre la roca cuarzosa. Gris verdosa con fino salpicado de elementos claros. A simple vista es una pasta. Homoblástica, granoblástica con débil tendencia a lepidoblástica, en algunos de los planos donde dominan las micas. Cuarzo equidimensional, pero muy irregular. Biotita con débil cloritización y sin exagerada orientación, en plaquitas, astillas o pajuelas dispersas. Sobre la mica o en su contorno asientan o la bordean granos de epidota, zircón y granillos de magnetita. Granate y andalucita esporádicos.

Gneis con granate y turmalina. M-10.

Cruce del arroyo de los Aceos con el ferrocarril. Minúscula cantera de gneis con pizarrosidad bien marcada, en contacto con otro gneis turmalinífero. Capas oscuras y amarillentas de tres a cuatro milímetros de espesor. Porfidoblástica, destacando los fenoblastos sobre los microblastos de los mismos elementos. Poca biotita y moscovita entrecruzada. Todos los individuos están aserrados con los bordes a veces corroídos. Da la impresión de que la roca está reorganizándose. Alteración caolínico-sericitica sobre los feldespatos.

Frecuentes fenoblastos de turmalina. Algunos granates rotos.

Micacita con granate y turmalina. M-28.

El Enebral, en el cauce del arroyo Mujer. Pizarras de finísimos elementos, cenicientas y satinadas. Algunos pequeños diques de cuarzo que aparecen concordantes con las capas de dirección N. y buzamiento 40°. Capas finísimas indistintas a simple vista. Abunda el cuarzo y una clorita de bajo color de polarización y además pennina. Salpicado de magnetita y rutilo. La turmalina y el granate esporádicos.

Cuarcita con granate y turmalina. M-18.

Arroyo de las Cerquillas, cerca del cruce con el camino del Escorial. Zona de milonitización con numerosas venillas de cuarzo y aplita en el contacto micacita-granito. Afanítica. Pseudoporfídica. Fuerte cataclasis. Dominio casi absoluto de cuarzoes irregulares y de microcuarzoblastos. Pajuelillas esporádicas de moscovita. Los cuarzoes de mayor tamaño se presentan muchas veces maclados imitando las maclas de la ortosa. Leve representación de turmalina y granillos de granate.

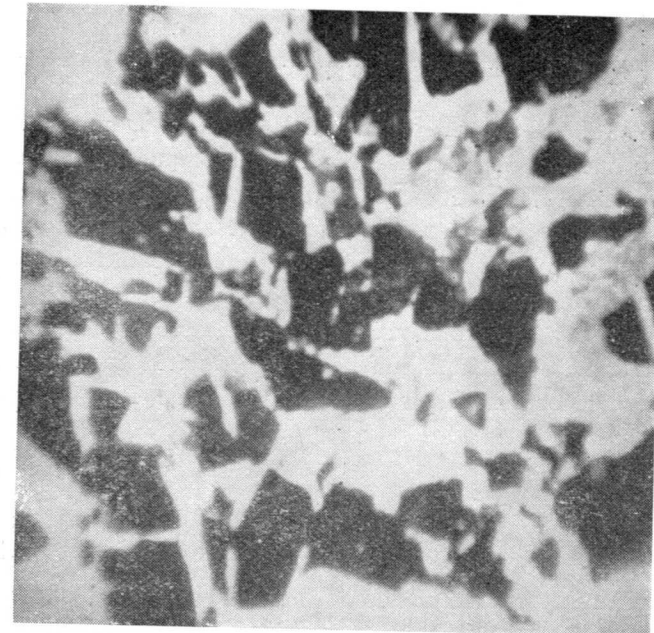


Foto 5.—Sobre la M-11. Detalle de una venilla cuarzo-turmalinífera que atraviesa a una micacita sericitica.

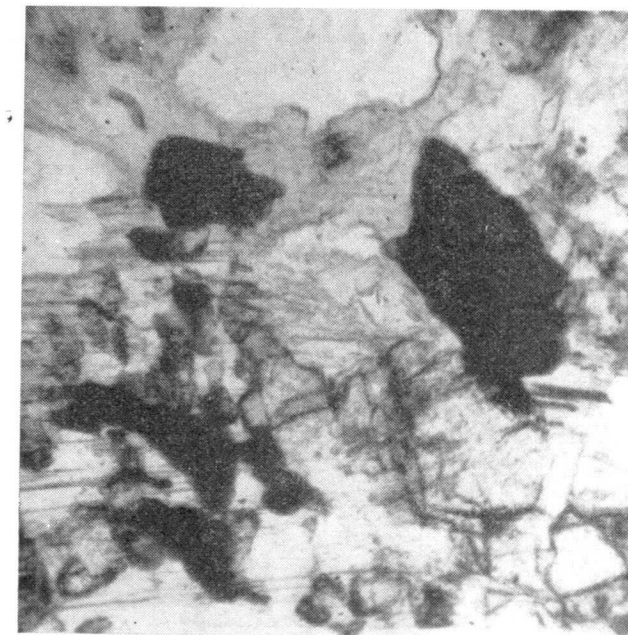


Foto 6.—Sobre la M-19. Aplita, Moscovita englobando cristales de andalucita y turmalina



Gneis con granate, andalucita y turmalina. M-44.

El Tiemblo. Salida hacia el Embalse del Alberche. Domina el granito, patente en bolos sueltos en las viñas o muy descompuesto y arenáceo en los cortes de la carretera. Entre el deleznable se insinúa a manera de vena la roca que representa la muestra, que pudiera clasificarse como una milonita. Blanca con punteado negro de turmalina. Fuerte cataclasis con recristalización en grano muy fino. Elementos irregulares de cuarzo, plagioclasas, microclina. Ortosa y turmalina. Planos más pizarrosos formados principalmente de abundante sericita. Alguno pequeño granate. La andalucita en granos incluidos en la ortosa, aureolados de moscovita. Roca muy interesante.

Granito con andalucita. M-12.

Nacimiento del arroyo del Horcino en el contacto granito-gneis. Elementos muy irregulares y rotos con los bordes cataclásticos. Cuarzo de recristalización y moscovita secundaria con residuos de biotita. Feldespatos rotos con las grietas y roturas de fino agregado cuarzo-sericitico. Algunas moscovitas se disponen en abanico. Es muy poca la cantidad de andalucita y se está transformando en mica.

Gneis con andalucita. M-7.

Al norte de la estación de La Cañada. Entre este punto y la estación aparecen gneis glandulares en débiles afloraciones. La muestra representa un gneis muy cuárcico. La andalucita es frecuente en cristales rotos y alguno incluido en la plagioclasa.

Micacita con andalucita. M-42.

Arroyo del Tejar, cota 900. Junto a pequeño dique de cuarzo.

Finísimas capas. Dominio sericitico con otros productos de alteración sobre los que destacan placas bien formadas de moscovita y chispazos de biotita. Frecuentes cristales de andalucita más o menos deshechos.

Cuarcita con andalucita. M-4.

Cerro de los Burros. Amarillenta rojiza con pinceladas oscuras. Grano fino. Masa fundamental cuárcica y granos de andalucita en abundancia. Zo-



Foto 7.—Sobre la M-26. Aplita. Cristal idiomorfo de turmalina.

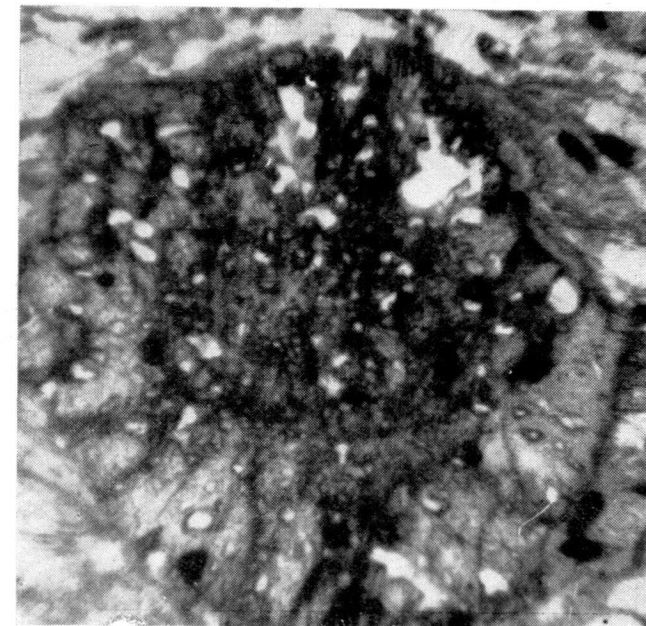


Foto 8.—Sobre la M-29. Gneis. Crista de granate cataclástico con cuarzo de neoformación.

nas microgranudas de cuarzo, sericiticas. Cordones de inclusiones que pasan de unos individuos a otros.

Granito con andalucita y turmalina. M-6.

Majada Honda en el Valle del río Gaznata. Granito en contacto con micacitas muy alteradas. Venas de cuarzo y aplita en el tránsito.

Granuda con tendencia sacaroidea, con escamitas de mica blanca y cristaltitos de turmalina. Al microscopio e distinguen a partir de la estructura granitoidea del grano fino dos tendencia: Pegmatítica y porfídica.

Plagioclasa dominante y cuarzo con ligera extinción ondulante. Moscovita en láminas desfleadas o apretadas entre los individuos de las otras especies. Antipertitas y pertitas. Biotita y turmalina esporádicas. Andalucita frecuente.

Aplita con andalucita y turmalina. M-19.

Arroyo de las Cerquillas en el cruce del camino del Escorial. Zona de predominio de rocas típicamente cataclásticas. Blanca con pátina marrón rojiza y puntos negros de turmalina. Muy alotriomórfica. Ortosa con principios de caolinización, conteniendo numerosos cuarzos redondeados. Plagioclasas esqueléticas en contacto con cuarzos y moscovitas, que tienen paralelas sus líneas de exfoliación con las maclas del feldespato. Abundantes placas de moscovita, que con frecuencia engloban cristales irregulares de turmalina-andalucita.

Micacita con andalucita y turmalina. M-49.

Vértice geodésico de La Parra. Desde este punto se dominan todos los contornos. Las micacitas de dos micas, hematíticas, dan una morfología alomada. Pátina marrón-rojiza. Capas finas distintas a simple vista, con alternancia de claras y oscuras. Líneas moscovíticas de láminas irregulares y líneas con dominio del cuarzo. En las líneas micáceas abundan nodulillos de oligisto amarillento y granos de magnetita. Turmalina, andalucita y plagioclasa esporádicas.

Gneis con andalucita y turmalina. M-22.

Al este de San Bartolomé de Pinares, antes de comenzar la brusca bajada hacia el pueblo. Pasadas las bandas cataclásticas o miloníticas, que aparecen desde las riscas de Santa Teresa hasta el contacto con el granito.

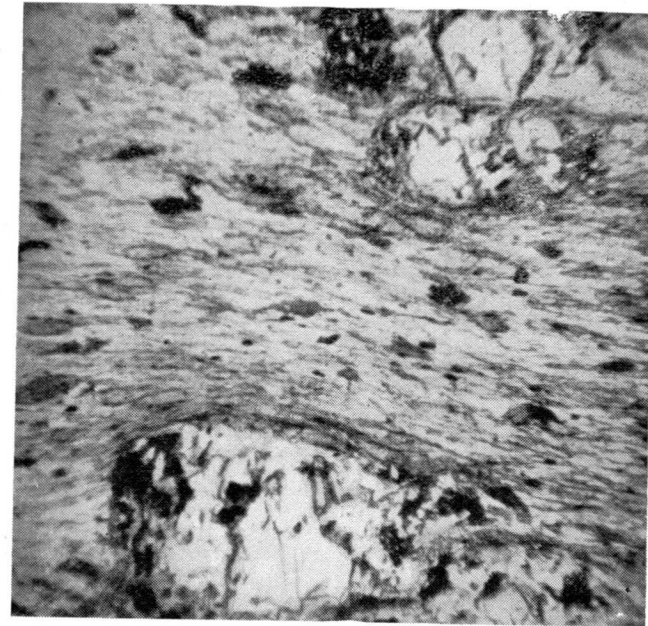


Foto 9.—Sobre la M-33. Micacita de dos micas. Granates rompiendo la estructura lepidoblástica de cuarzo y mica.

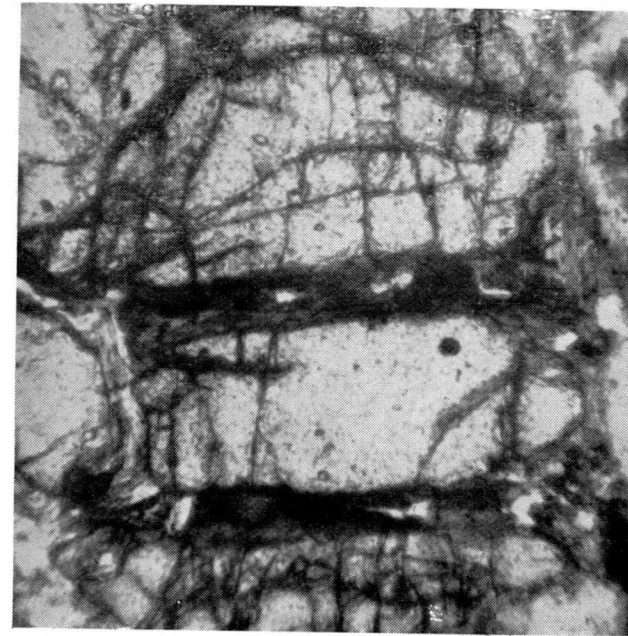


Foto 10.—Sobre la M-41. Micacita. Granate con las líneas de rotura rellenas de biotita y moscovita.

Capas alternantes claro-oscuros. Lepidoblástica, confusa en algunos campos. Trama de sericita y cuarzo con mezcla de limonita. Sobre la trama se reconocen restos de plagioclasa y ortosa y alguna biotita. Frecuente andalucita y turmalina esporádica.

Granito con turmalina. M-24.

Robojolcao, cerca del kilómetro 111 de la carretera San Bartolomé-Cebreros. Entre un dique de pórfido sienítico y un dique de macropegmatita

Grano fino a medio de individuos muy alotriomorfos. La biotita es escasa de láminas estrechas y aspecto fisural. El cuarzo presenta extinción y irregular y numerosas digitaciones en los feldespatos. Las plagioclasas están muy dislocadas, asentando en muchos contornos grupos mirmequíticos y rebabas albiticas. Ortosas abundantes. Grupo de cristalitos de turmalina.

Gneis con turmalina. M-13.

Arroyo Majaiobos en el paso por la gran Cañada, junto a un gran dique de cuarzo. Montes gneísicos o pizarreños, con pocas afloraciones frescas

Capas esencialmente micáceas que alternan con otras claras más gruesas de cinco centímetros de espesor. Las oscuras están constituidas por biotita ligeramente alterada y fino cuarzo. Las claras tienen estructura porfidoblástica con microblastos de cuarzo y moscovita, y fenoblastos de las mismas especies y abundante plagioclasa. Poca ortosa. En las líneas claras son frecuentes los granos de turmalina.

Cuarcita con turmalina. M-52.

Al sur de El Tocón. Entre el gneis dominante. Cuarzos muy irregulares aureolados de microcuarzoblastos. Pajuelas de biotita. Granillos de turmalina.

Aplita con turmalina. M-26.

Al norte de la Fuente de La Venta, cerca del kilómetro 110 de la carretera San Bartolomé-Cebreros, en el contacto granito-micacita.

Clara con cristalitos alargados oscuros dispersos por toda la muestra que son de turmalina.

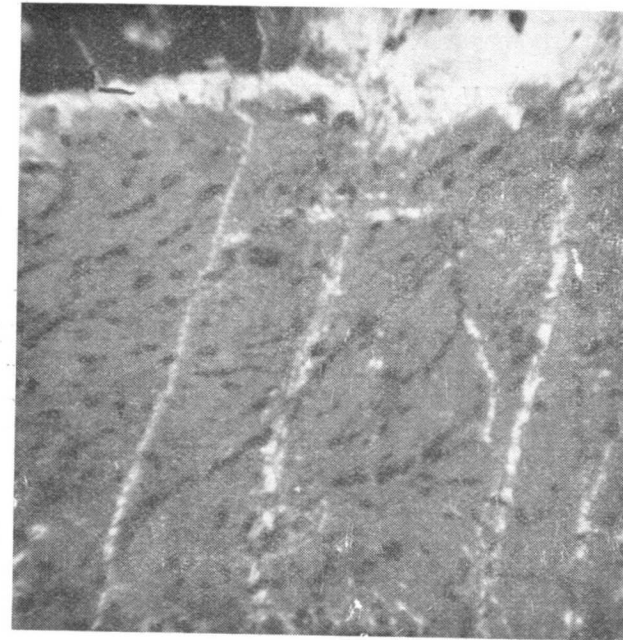


Foto 11.—Sobre la M-43. Gneis. Grandes cristales de andalucita con alteración micácea en los bordes y en las roturas.

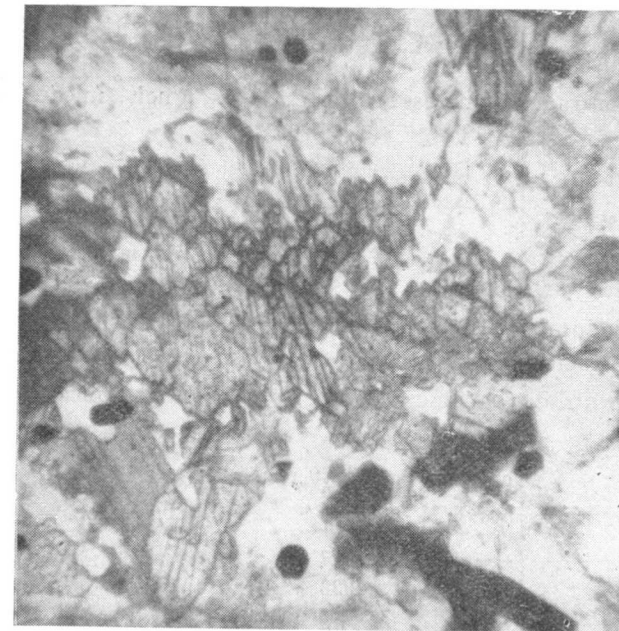


Foto 12.—Sobre la M-59. Micacita feldespática o Gneis. Plagioclasa, ortosa, andalucita, turmalina, magnetita y estaurolita.

Pegmatita con turmalina, M-17.

Prado del Caballo, cota 1.390. Un kilómetro al este de la bifurcación de la carretera de La Cañada-Cebreros para San Bartolomé. Dominio de gneis y micacita. Macropegmatita englobando gran cantidad de turmalina en nódulos de individuos alotriomorfos. Los nódulos llegan a tener hasta 5 centímetros y están surcados por venillas de cuarzo. El cuarzo forma grupos granoblásticos que no están incluidos en los feldespatos. Los feldespatos son ortosa, oligoclasa y albita muy distorsionados, flexionados y rotos. Es curioso que uno de los cristales de turmalina incluya plagioclasa esquelética.

CONCLUSIONES

Las pretensiones de hacer estadística queda limitada por las condiciones en que los datos fueron recogidos, y por lo tanto las conclusiones referentes a cálculo de probabilidades han de tomarse sólo como tendencias o aproximaciones.

De las observaciones de campo y microscopio, de la distribución en el mapa geológico y de los cálculos comparativos, nos permite deducir las siguientes conclusiones:

Se han encontrado granates en los granitos, gneis, micacitas y cuarcitas

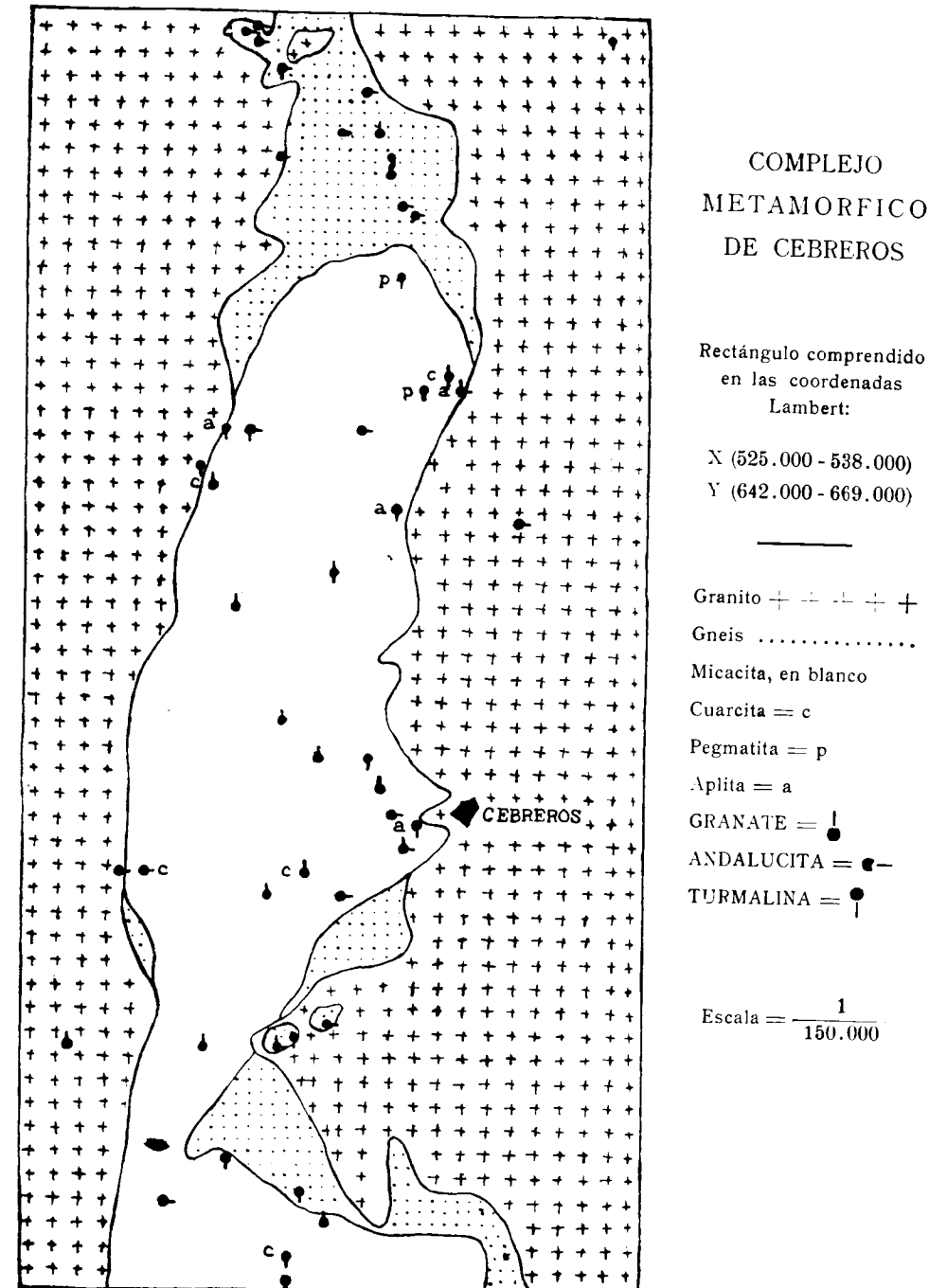
en la relación	2/120	para el granito		
» » »	9/56	» » neis		
» » »	6/61	» » micacitas		
» » »	6/17	» » cuarcitas		

de donde se deduce que la probabilidad de hallazgo sigue el orden: cuarcitas, gneis, micacitas, granito

Se han encontrado andalucitas en granitos, gneis, micacitas, cuarcitas y aplitas.

en la relación	5/120	para los granitos		
» » »	10/56	» » neis		
» » »	6/61	» » micacitas		
» » »	5/17	» » cuarcitas		
» » »	2/38	» » aplitas		

de donde se deduce que la probabilidad de hallazgo sigue el orden: cuarcitas, gneis, micacitas, aplitas, granito.



Se han encontrado turmalinas en granitos, gneis, micacitas, cuarcitas, aplitas y pegmatitas.

en la relación	3/120	para los granitos
» » »	12/53	» » gneis
» » »	2/61	» » micacitas
» » »	2/17	» » cuarcitas
» » »	4/38	» » aplitas
» » »	3/12	» » pegmatitas

en donde se deduce que la probabilidad de hallazgo sigue el orden: pegmatitas, aplitas, gneis, cuarcitas, micacitas, granito.

Todas las observaciones de campo conducen a afirmar que la presencia de granates, andalucitas y turmalinas, se hace patente en las zonas cataclásticas, sobre todo las andalucitas.

Las zonas cataclásticas coinciden muchas veces con las zonas de contacto entre dos tipos de rocas, lo que hace suponer que las líneas de contacto son líneas débiles de fácil rotura.

En raros casos estos minerales aparecen en zonas de contacto sin manifestaciones cataclásticas, lo general es que aparezcan en los contactos donde abundan las rocas de fractura o en el dominio de gneis y micacitas fracturados. Hay más datos a favor para suponer originados estos minerales como resultado de una acción cataclástica con posterior cristalización, que a partir de un simple contacto de un magma con sedimentos arcillosos.

Son raras las citas en pórfidos y lamprófidos, de granates y andalucitas, y en mi caso ninguna, pudiendo darse como regla general la ausencia de tales minerales en tales rocas. Ahora bien, ¿por qué están ausentes en los pórfidos y se encuentran en granitos, pegmatitas y aplitas? ¿Qué hay en el mecanismo que los origina incompatible con la aparición de estos minerales? ¿Puede considerarse esto como una prueba en contra de su origen metamórfico?

Las paragénesis relativas a estos tres minerales las expresé de la siguiente forma:

$$A = T \gg G \gg GA \gg AT \gg GT \gg GAT$$

$$15 = 15 \gg 12 \gg 6 \gg 6 \gg 4 \gg 1$$

y del cuadro (II) se deduce que son accidentales estos minerales con relación a las rocas consideradas y también accidentales las paragénesis entre ellos.

BIBLIOGRAFÍA

- AKIHO, MIYASHIRO: *Calcium poor garnet in relation to metamorphism.*
 BARTH, T. F. W.: *El origen de las rocas.*
 DENAYER, M. E.: *Tableaux de Petrographie.*

- FERNANDEZ NAVARRO, E.: *Gneis granatífero en Toledo.*
 FÜSTER CASAS, J. L.: *El concepto de la facies metamórfica y su evolución actual.*
 GARCÍA DE FIGUEROLA, L. C.: *Algunas consideraciones sobre el metamorfismo de contacto.*
 HARKER, A.: *Metamorphism.*
 KLOCKMAANN, F. y RAMDOUR: *Tratado de mineralogía.*
 LEE, D. E.: *An andradite-spessartite garnet from Pajsberg, Sweden.*
 MULAS SÁNCHEZ, J.: *Petrología de la zona de enlace Guadarrama-Gredos.*
 — — *Metamorfismo retrógrado.*
 RAGUIN, E.: *Geologie du granite.*
 RANKAMA, K. y SAHAMA, Th. G.: *Geoquímica.*
 SAN MIGUEL ARIBAS, A.: *Consideraciones sobre la génesis de las pegmatitas por diferenciación metamórfica.*
 — — *Sobre las rocas lampróficas de la Costa Brava (Bagur).*
 SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. y SAN MIGUEL ARIBAS, A.: *Fenómenos de diferenciación metamórfica en granito de La Cabrera (Madrid).*
 SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M.: *Estudio de las rocas eruptivas de España.*
 — — *La investigación petrográfica.*
 TURNER, F. J. and VERHOOGEN, J.: *Igneous and metamorphic petrology.*

SALVADOR REGUANT

LOS BRIOZOOS DEL NEOGENO ESPAÑOL

RESUMEN

En este trabajo se ordenan sistemáticamente todas las formas de Briozoos descritos o citados en el Neógeno español. Comprende una revisión de nomenclatura y cita de todas las formas estudiadas por los diversos autores y el estudio de algunas formas pertenecientes al Astiense de Vilacolom (Gerona), y el Tortonicense de Llubí (Mallorca) y Beas de Granada (Granada). Se añaden unas listas en las que se ordenan las formas estratigráficamente.

RÉSUMÉ

On donne ici une ordination systématique de tous les Bryozoaires (décrits ou cités) du Néogène espagnol. D'abord, dans ce travail, on révisé la nomenclature des formes étudiées jusque-là. D'autre part on étudie quelques formes appartenant à l'Astien de Vilacolom (Gerona), et au Tortonien de Llubí (Majorque) et Beas de Granada (Granade). A la suite dans une liste les espèces sont ordonnées stratigraphiquement.

SUMMARY

All studied Bryozoa of spanish Neogene are systematically disposed in this work. The nomenclature is revised. The study of several forms from Vilacolom, Gerona (Astian), Llubí, Mallorca (Tortonian) and Beas de Granada, Granada (Tortonian) is added to forms described by other authors. There is also a stratigraphically arranged catalogue.

INTRODUCCIÓN

Las investigaciones realizadas acerca de los Briozoos del Neógeno español están contenidas en los trabajos que se citan por orden cronológico en la Bibliografía especial puesta al final de este trabajo.

Aunque el número de trabajos es relativamente elevado, el número de especies reconocidas y estudiadas es exiguo comparado con el material que realmente se encuentra con abundancia en el Neógeno español.

En el presente estudio se han reconocido algunas formas más del Neógeno español, algunas de ellas nuevas para la ciencia. Por otra parte, se ha

modernizado la nomenclatura de las antiguas especies reconocidas, y a la vez se ha ordenado sistemáticamente todo el material estudiado hasta el día de hoy, a fin de que una visión comprensiva y ordenada permita establecer las comparaciones convenientes entre la fauna briozoológica del Neógeno español y la de los demás países.

Conviene añadir otra vez que, incluyendo aún las formas en este trabajo estudiadas, la labor en el campo de la Briozoología del Neógeno español está en sus comienzos, tanto por las formas que ya halladas no han podido ser estudiadas, como por la falta de una exploración sistemática de los yacimientos. El presente trabajo es, por tanto, solamente un punto de partida.

BRIZOOS DEL NEÓGENO ESPAÑOL.

Orden CYCLOSTOMATA, Busk 1852

Suborden ARTICULATA Busk 1859

Familia *Crisiidae* Johnston 1858

Género *Crisia* Lamouroux 1812

Crisia strangulata Buge 1957 (figs. 1 y 2)

1865. *Crisia Edwardsi*, Reuss: Reuss, p. 75, pl. 11, fig. 16 (pars).
 1909. *Crisia Edwardsi*, Reuss: Canu, p. 105, pl. 12, figs. 13-14.
 1933. *Crisia Edwardsi*, Reuss: Canu & Lecoindre, p. 135, pl. 26, figs. 4-5.
 1949. *Crisia Edwardsi*, Reuss: Vigneaux, p. 109, pl. 10, figs. 14-16.
 1957. *Crisia strangulata*: Buge, p. 42.
 1920. *Crisia Edwardsi*, Reus: Canu & Bassler, p. 705, pl. 141, figs. 5-7.

Descripción: De acuerdo con la opinión de Buge (1957), los ejemplares no muy abundantes de *Crisia* existentes en el yacimiento de Vilacolum deben ser clasificados, por lo menos provisionalmente, en la forma segunda de *Crisia Edwardsi* de Reuss (1865), que debe llamarse para evitar confusiones *Crisia strangulata*.

Los ejemplares de Vilacolum corresponden exactamente a la diagnosis de Canu & Lecoindre (1933), por lo que se refiere a los caracteres principales. Resulta simplemente discutible la visibilidad de los tubos en sentido longitudinal y existen variaciones en las medidas. En este último punto la clave taxonómica de Buge no es válida para clasificar nuestros ejemplares, que tienen dimensiones francamente menores. Teniendo en cuenta que no poseemos ningún ejemplar ovicelado y que la comparación con ejemplares de Taghiata (Plasenciense italiano) en el Muséum de París (cfr. Canu & Lecoindre) ha

reafirmado la atribución a la especie *C. strangulata*, parece mejor no intentar crear una nueva especie, a no ser que datos posteriores acentúen y concreten las diferencias observadas.

La especie *C. Edwardsi* (figurada y descrita en Canu & Basler 1920) no es la misma especie que la aquí descrita. En efecto, el carácter diferencial allí admitido con respecto a la *C. Hörnesi*, Reuss 1847, no existe. En todo caso deberíamos pensar en atribuir a esta forma los ejemplares aquí estudiados. Pero esto no puede hacerse, por cuanto que no corresponde a la *C. Hörnesi* por los demás caracteres (cfr. Canu & Lecoindre y Canu). El propio Canu, por otra parte, insiste en la dificultad de distinción de las *Crisia*.

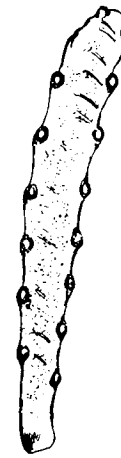


Fig. 1.—*Crisia strangulata* Buge 1957.
Cara frontal. Aumento: unos 25 diámetros.



Fig. 2. *Crisia strangulata* Buge 1957.
Cara dorsal. Aumento: unos 25 diámetros.

Las medidas micrométricas son las siguientes:

Diámetro del orificio peristomial	0,05 - 0,06 mm.
Diámetro del peristoma	0,08 - 0,10 »
Distancia entre los peristomas (tomada desde los bordes distales)	0,28 - 0,32 »
Anchura de los segmentos	0,27 - 0,38 »
Número de zoecias por segmento	17-19 (?) »

Localidad: Vilacolum (Gerona), Plioceno (facies Astiense).

Repartición stratigráfica: En el Neógeno español: Plioceno de Vilacolum.

En el Neógeno (fuera de España): Helveciense de Turena (Italia), Torioniense de Austria-Hungría e Italia, Plasenciense de Italia.

También se encuentra en el Estampicense de Alemania (cfr. Vigneaux).

Suborden TUBULOPORINA Milne-Edwards 1838

Familia *Oncousoeciidae* Canu 1917Género *Filisarsa* O'Orbigny 1853

Las formas que se atribuyen al género *Filisarsa* adolecen de una situación dudosa en su determinación genérica, por la gran proximidad con el género *Tereia*, Jullien 1882, y por el desconocimiento que se tiene de los zoecios fértiles (cfr. Canu & Bassler 1920 y Lagaaij 1952). Para nuestro caso nos adherimos a la diagnosis de Lagaaij.

Filisarsa vilacolomensis, nov. sp. (figs. 3-4)

Derivatio nominis: De la localidad de Vilacolom (Gerona), donde se encuentra con abundancia.

Diagnosis: Zoario comprimido, dicotómicamente dividido, pluriseriado. Dorsal con líneas de crecimiento. Zoecios distintos, con peristomio (1) saliente, dispuestos en líneas preferentemente oblicuas que contienen unos cuatro tubos. Apertura subcilíndrica. Ovicelo desconocido.

Descripción: Esta *Filisarsa* con la que se ha establecido comparación con más de diez formas afines en los ejemplares existentes en el Muséum Nat. de París, se caracteriza por: el zoario comprimido, presentando una dorsal finamente porosa y ligeramente convexa, plana o aplastada con dos surcos longitudinales, con abundancia de líneas de crecimiento. No se ven estrías longitudinales.

Los tubos (zoecios), distintos, marcados con frecuencia por surcos laterales, presentan una tendencia a separarse a partir del peristomio saliente hacia delante. La tendencia, en algunos casos muy marcada, de formar filas de tubos preferentemente oblicuas, no siguen la misma dirección en todo el zoario. La separación longitudinal entre una fila de aperturas y la siguiente, es considerable en comparación con la mayoría de las especies afines examinadas, presentándose en algunos casos un tubo aislado en un lugar intermedio entre las dos filas de zoecios. El modo de medir la separación o distancia longitudinal entre las filas de zoecios o tubos, ha sido aquí desde la parte distal del peristoma de un tubo hasta la parte distal del siguiente.

(1) *Peristomio* traduce la vez inglesa o francesa *peristomie*, para distinguirlo de *peristoma* (*peritome*).

situado en la misma línea longitudinal. Las medidas dadas por otros autores deben seguramente ser tomadas de un modo diverso, pues se da mayor distancia entre los peristomas que entre las líneas de tubos (Canu & Bassler 1920). Esto impide dar una comparación segura con respecto a esta medida

Las medidas son:

Diámetro de la apertura	0.16 - 0.23 mm.
Diámetro del peristoma	0.22 - 0.30 »
Distancia longitudinal entre las filas de tubos	0.65 - 1.10 »
Anchura zoarial	0.86 - 1.03 »
Separación (transversal) de los peristomas	0.10 - 0.32 »

Variaciones: A veces los zoecios se presentan más alargados en sentido longitudinal, con peristomios menos salientes y más irregularmente dispues-



Fig. 3.—*Filisarsa vilacolomensis*, nov. sp. Aumento: unos 18 diámetros.



Fig. 4.—*Filisarsa vilacolomensis* nov. sp. Variedad de zoario foliáceo y peristomios menos salientes. Aumento: unos 18 diámetros.

tos y las aberturas subelípticas de eje mayor longitudinal. En estos casos el zoario tiende a ser foliáceo. Las medidas son sensiblemente las mismas, ligeramente mayores las distancias longitudinales y los diámetros de los peristomas y aperturas.

Diferencias: Difiere de la *F. neocomicensis*, D'Orbigny 1853 por la dorsal no estriada y la mayor abundancia de tubos.

Por el mayor tamaño y menos abundancia de tubos y por el aspecto general (se han consultado ejemplares del Muséum de París) se distingue de la *F. simulator* Canu & Bassler 1920.

Semejantemente de la *F. clarki* Canu & Bassler 1923 del Pleistoceno americano. Añádase la falta de estriación longitudinal.

Por esto último también difiere de la *F. típica*, Manzoni 1877. El tipo figurado por Manzoni tiene además un aspecto filiforme, siendo solamente comparable al dibujo de Canu & Bassler 1920 (algo menos al de Lagaaij y Canu 1909). El hecho de su universalidad en el espacio y su gran extensión estratigráfica del Luteciense al Siciense (Canu & Bassler 1920), permite pensar en cierto parentesco con la *F. vilacolomensis* aquí descrita, cuyo tamaño, por otra parte, es considerablemente mayor.

Typus: Col. Reguant número 1.003.

Locus typicus: Vilacolom (Gerona).

Stratum typicum: Plioceno (facies Astiense).

Familia *Entalophoridae* Reuss 1869

Género *Entalophora* Lamouroux 1821

Entalophora proboscidea (Milne Edwards 1838) (fig. 5)

1838. *Pustulopora proboscidea*: Milne Edwards, p. 219, pl. 13, fig. 2.
 1847. *Pustulopora anomala*: Reuss, p. 41, Taf. VI, figs. 13-20.
 1877. *Entalophora anomala*, Reuss: Manzoni, p. 10, Taf. 9, fig. 33.
 1909. *Entalophora proboscidea*, Milne-Edwards: Canu, p. 118, pl. XI, figuras 12-13.
 1915. *Entalophora proboscidea*, Milne-Edwards: Harmer, p. 108, pl. X, figura 12.
 1920. *Mecynocia proboscidea*, Milne-Edwards: Canu & Bassler, p. 726, pl. 108, figs. 1-15.
 1957. *Entalophora proboscidea*, Milne-Edwards: Buge, p. 56, pl. V, fig. 1.

Observaciones y medidas: Según muchos autores (Buge, Canu & Bassler, Harmer) parece probable que dentro de este nombre existan varias especies y también que muchas de las referencias sean inexactas. En todo caso, para estas cuestiones pueden consultar los libros aquí citados.

Los tres ejemplares fragmentarios de que hemos dispuesto pertenecen a la especie descrita por Milne Edwards y demás autores citados, siendo uno de ellos (fig. 5) el mejor conservado. Sus características propias lo asimilan al figurado por Reuss (fig. 17) y, sobre todo, a los ejemplares descritos por Manzoni. Presenta como éstos las señales transversales de crecimiento y también un número exiguo de zoecios.

Las dimensiones medibles corresponden sensiblemente a las dadas por los autores (Canu & Bassler, Harmer, Buge), con tendencia marcada a ser menor y sobre todo a estar constituida por un zoario muy delgado, como los ejemplares de Manzoni.



Fig. 5. *Entalophora proboscidea* (Milne Edwards 1838). Astiense de Vilacolom (Gerona). Aumento: unos 18 diámetros.

Diámetro de los peristomas	0,17 - 0,19 mm.
Diámetro de los orificios	0,13 - 0,16 »
Longitud de los peristomios (parte sup.)	0,13 - 0,17 »
Longitud de los peristomios (parte inf.)	0,33 - 0,37 »
Anchura de los zoarios	0,32 - 0,43 »

Localidad: Vilacolom (Gerona). Plioceno (facies Astiense).

Repartición estratigráfica: Cretáceo actual.

Repartición estratigráfica: Cosmopolita. (Téngase en cuenta la posibilidad de que haya muchas especies bajo un mismo y único nombre.)

Familia *Diastoporidae* Busk 1859

Género *Stomatopora* Brown 1825

Stomatopora granulata Milne Edwards 1838

1915. *Stomatopora granulata*, Milne Edwards: Barroso, p. 477.

Localidad: Sa Taulera de Santa Margarita (Mallorca). Vindoboniense.

Familia **Bereniceidae** Buge 1957

Género **Berenicea** Lamouroux 1821

Berenicea repens Wood 1844

1945. *Plagioecia repens*, Wood: Barroso, p. 478, fig. 6.

Localidad: Sa Taulera de Santa Margarita (Mallorca). Vindoboniense.

Familia **Tubuliporidae** Johnston 1838

Género **Idmonea** Lamouroux 1821

Idmonea cfr. *magna* Canu & Bassler 1920

1920. *Idmonea magna*: Canu & Bassler, p. 772, pl. 137, figs. 1-18.

Observaciones: Dos ejemplares no completos, pero de gran tamaño encontrados en el Plioceno de Vilacolom, hacen pensar en esta especie de Jacksoniense de los Estados Unidos. Por el aspecto tiene también un parecido acusado con la *I. breviramosa*, Canu & Lecomte 1933 y con la *I. arcuata*, Canu & Bassler 1920. El estado del material no permite hacer una determinación más precisa, pero sus dimensiones hacen ver que supera aún las dimensiones de la *I. magna*. Por otra parte, los dos ejemplares de Vilacolom, no son exactamente iguales.

M E D I D A S	Ej. n.º 1	Ej. n.º 2
Altura del orificio	0.16 - 0.23	0.27
Anchura del orificio	0.22 - 0.39	0.39
Distancia interfascicular		0.49 ?
Anchura del zoario	2.16 - 2.70	
Anchura de los fascículos	1.7 - 1.9	

Localidad: Vilacolom (Gerona). Plioceno (facies Astiense).

Repartición estratigráfica: Del Jacksoniense (Canu & Bassler 1920) al Plioceno (?)

Idmonea villaltae, nov. sp. (figs. 6 y 7)

Derivatio nominis: Especie dedicada al Dr. F. de Villalta, que me ha facilitado todos los ejemplares de Vilacolom y Mallorca aquí estudiados.

Diagnosis: Zoario filiforme de sección subcircular trianguloide. Fascículos conteniendo tres tubos o zoecios (raramente dos).

Tubos salientes de sección subelíptica.

Ovicelo desconocido.

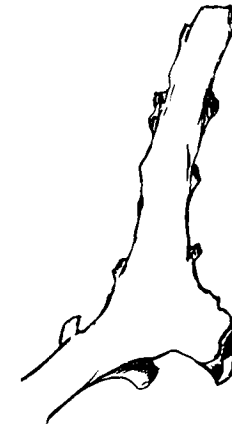


Fig. 6.—*Idmonea villaltae* nov. sp. Astiense de Vilacolom (Gerona). Cara dorsal, aumentado unas 16 veces.



Fig. 7.—*Idmonea villaltae*, nov. sp. Astiense de Vilacolom (Gerona). Zoario visto por la cara zoecial. Aumentado unas 16 veces.

Descripción: Los fragmentos aquí estudiados presentan un zoario que, aunque a un análisis rápido puede parecer cilíndrico, es de sección trianguloide con la dorsal muy convexa y lisa, presentando en algunos casos estrías transversales de crecimiento.

Los tubos se insertan perpendicularmente a las caras del prisma trianguloide que resulta ser el zoario. Son salientes con la parte distal retorcida hacia adelante.

Los fascículos contienen tres tubos (raramente dos), a veces visibles en toda su longitud, apareciendo el central más largo. Estos fascículos alternantes siempre están bien separados por una pseudocresta central.

La sección de los tubos, que no se aprecia con suficiente perfección por la fragilidad del fino peristomio, es subelíptica y algo angulosa.

Las medidas son

Diámetro de los orificios	0,09 - 0,10 mm.
Distancia interfascicular	0,54 - 0,70 »
Anchura del zoario	0,40 - 0,49 »
Número de tubos por fascículo	3 (2, excep.)

Afinidades: Por su pequeño tamaño puede compararse a la *I. parvula*, Canu & Bassler 1920, pero el *I. villaltae* es algo mayor y los tubos son más salientes y salen más lateralmente.

Por el aspecto se puede relacionar con la *I. filiformis*, Canu & Passler 1920 (no D'Orbigny 1852), pero no corresponden las medidas, ni el número de tubos por fascículo, ni el aspecto de los mismos (1).

Algunos ejemplares menos bien conservados se parecen a la *I. incurvata*, Canu 1911, pero la dorsal es plana y marginada. Por la dorsal se distingue también de la *I. concava*, Reuss, que tiene la dorsal cóncavo-plana y marginada. Se distingue también por tener mayor número de tubos que la *I. villaltae*. De común tiene con ella las estrías de crecimiento.

Typus: Col. Reguant número 1.001.

Locus typicus: Vilacolom (Gerona).

Stratum typicum: Plioceno (Astiense).

Familia **Diaperoeciidae** Canu 1917

Género **Diaperoecia** Canu 1917

Diaperoecia flabellum (Reuss 1847)

1945. *Diaperoecia (Berenicca) flabellum*, Reuss: Barroso, p. 478.

Localidad: Sa Taulera de Santa Margarita (Mallorca), Vindoboniense.

(1) Conviene indicar aquí que parece debería cambiarse el nombre de esta especie de Canu & Bassler, pues existe la *I. filiformis*, D'Orbigny que se encuentra en el Muséum de Paris, col. D'Orbigny 2263 y ha sido revisada por Pergens (1880), sin ninguna indicación posterior de haber perdido validez.

Suborden CERIOPORINA Hagenow 1851

Familia **Heteroporidae** Pergens & Meunier 1866

Género **Ceriopora** Goldfuss 1827

Ceriopora sp.

1898. *Ceriopora* sp.: D'Angelis, p. 26.

1899. *Ceriopora* sp.: Almera, p. 849 (298).

Localidades: San Pau d'Ordal a Sant Sadurn' de Noya, Helveciense.

Suborden RECTANGULATA Waters 1887

Familia **Lichenoporidae** Smitt 1866

Género **Lichenopora** DeFrance 1823

Lichenopora hispida Fleming 1828

1900. *Lichenopora hispida*, Fleming: D'Angelis, p. XXXVII.

1894-1914. *Lichenopora hispida*, Fleming: Almera, p. 251.

1945. *Lichenopora hispida*, Fleming: Barroso, p. 479.

Localidades: Torrente de Can Albareda, S. Feliú del Lobregat y Molins de Rey a Esplugas (Barcelona), Plasenciense, Sa Taulera de Santa Margarita (Mallorca), Vindoboniense.

Orden CHEILOSTOMATA Busk 1852

Suborden ANASCA Levinsen 1909

División **MALACOSTEGA** Levinsen 1909

Familia **Membraniporidae** Busk 1854

Género **Membranipora** De Blainville 1830

Membranipora irregularis Manzoni 1875

1898. *Membranipora irregularis*, Manzoni: D'Angelis, p. 22.

1916. *Membraniporina irregularis*, Manzoni: Faura & Canu, p. 118, pl. III figura 1.

1923. *Membranipora irregularis*, d'Orb.: S. M. G. C., p. 89.

Localidades: San Miguel de Fluviá (Gerona), Helveciense; Calafell (Tarragona), Burdigaliense.

Género **Biflustra** D'Orbigny 1852

Biflustra savartii (Savigny-Audouin 1826)

1904. *Membranipora bifoliata*: Ulrich & Bassler, p. 411, pl. 112, figs. 2-4.
 1916. *Odontionella Savartii*, Audouin: Faura & Canu, p. 122, pl. III, fig. 5.
 1945. *Acanthodesia savartii*, Savigny-Audouin: Barroso, p. 469, lámina XXXII, figs. 1-2.
 1949. *Acanthodesia savartii*, Savigny-Audouin: Vigneaux, p. 38, pl. II, figuras 10-14.
 1952. *Biflustra savartii* (Audouin): Lagaaij, p. 19, pl. I, figs. 1-3.
 1956. *Biflustra savartii* (Savigny-Audouin): Buge, p. 22, pl. IV, figs. 1-5.
 1957. *Biflustra savartii* (Savigny-Audouin): Buge, p. 134.

Descripción: Los dos pequeños fragmentos hallados en el Tortoniense de Mallorca corresponden a la forma indicada, aunque esta especie de acuerdo con los autores es sumamente variable y, por tanto, siempre puede dudarse acerca de la homogeneidad de todas las formas clasificadas como *B. savartii*. En Buge (1956) puede hallarse una discusión basada en las dimensiones que le lleva a aceptar una distinción notable entre la forma llamada *delicatula* y la forma *clongata*.

Las dimensiones de nuestros ejemplares hacen pensar en una forma intermedia, como puede colegirse de la comparación de las dimensiones de las tres formas.

	Delicatula	Florgata	Ejem. de Mallorca
Long. zoecio	0,48-0,69	0,60-0,78	0,49-0,59
anch. »	0,43-0,51	0,37-0,43	0,22-0,32
alt. opesio	0,37-0,43	0,48-0,60	0,34-0,43
anch. »	0,25-0,34	0,22-0,31	0,11-0,22

Localidad: Llubí (Mallorca), Tortoniense.

Repartición estratigráfica: Luteciense-actual. En el Neógeno español se encuentra en: Tortoniense: Llubí (Mallorca). Plasenciense: La Puebla (Mallorca). Plasenciense: Ciurana (Gerona). Plioceno: Can Capó (Mallorca).

En el Neógeno extranjero:

Burdigaliense: Depresión aquitana (Francia).
 Helveciense: Francia, Italia, Estados Unidos.
 Gedgraviense: Inglaterra.
 Escaldisiense: Países Bajos.
 Plasenciense: Italia.
 Astiense: Italia.
 Terciario: Australia.

Repartición geográfica: Zonas tropicales y ecuatoriales.

Género **Conopeum** Gray 1848

Conopeum reticulum (Linneo 1767)

1898. *Membranipora reticulum*, Linné: D'Angelis, p. 21.
 1916. *Conopeum Lacroixi* (Busk, Hincks, Reuss): Faura & Canu, p. 120, pl. III, figs. 3-4.
 1945. *Conopeum Lacroixi*, auct.: Barroso, p. 469.

Localidades: Altafulla kilómetro 4 de Tarragona a Port d'Armentera y Calafell (Tarragona). San Buñola (Mallorca): Burdigaliense. Viloví (Barcelona): Helveciense.

Familia **Cupuladriidae** Lagaaij 1952

Género **Cupuladria** Canu & Bassler 1919

Cupuladria canariensis (Busk 1859)

1900. *Cupularia canariensis*, Busk: D'Angelis, p. XXXIII, lám. B, figuras 6-8.
 1894-1914. *Cupularia canariensis*, Busk: Almera, p. 251.
 1914. *Cupularia canariensis*, Busk: Faura, p. 397.
 1916. *Cupularia canariensis*, Busk: Faura & Canu, p. 133, pl. III, figs. 7-8; (in text), fig. 4 a, b.

Localidades: Vilafranca del Panadés y Santo Domingo dels Monjos (Barcelona): Helveciense. Ciurana y Empordá (Gerona): Plasenciense.

Cupuladria haidingeri (Reuss 1847)

1847. *Lunulites haidingeri*: Reuss, p. 58, pl. 7, figs. 26-27.
 1923. *Cupularia haidingeri*, Reuss: Canu & Bassler, p. 77, pl. 1, figs. 13-17.

1945. *Cupularia haidingeri*, Reuss: Barroso, p. 476, lám. XXXII, fig. 4 (en texto), fig. 2.
 1952. *Cupuladria haidingeri*, Reuss: Lagaaij, p. 35, pl. 2, fig. *a-b*.
 1957. *Cupuladria haidingeri*, Reuss: Buge, p. 140, pl. IX, figs. 6-7.

De acuerdo con Lagaaij (1952), y para prevenir confusiones, la diagnosis de esta especie puede ser dada de la siguiente manera: «Cupuladria with the zoorial margin serrate, owing to the projection of alternate rows of zoecia. One single, proximal and two or three pairs of lateral calcareous denticles projecting into the opesia from surrounding cryptocist. Concave surface dissected by a system of radial grooves, the sectors thus obtained densely covered with large tubercles.»

Los nueve ejemplares fragmentarios pertenecen a la especie de Reuss. Su distinción de la *C. canariensis*, que se ha citado también en el Neógeno español, es fácil por el aspecto de la cara no zoecial, siendo, por otra parte, prácticamente la única diferencia que media entre las dos (Lagaaij 1952 y Buge 1957).

Las medidas de los ejemplares del Tortoniense mallorquín son ligeramente superiores a los datos de Lagaaij (1952).

Long. zoecio	0,36-0,43 mm.
Anch. »	0,27-0,31 »
alt. opesia	0,27-0,30 »
anch. »	0,16-0,18 »

Localidad: Llubí (Mallorca); Tortoniense.

Repartición geológica: En el Neógeno español: Tortoniense; Llubí (Mallorca), Plasenciense; La Puebla (Mallorca).

En el Neógeno extranjero: Helveciense; Italia, Tortoniense; Italia y Austria-Hungría, Mioceno; Aquitania (Francia), Plioceno; Inglaterra, Bélgica y Países Bajos, Oeste francés.

Cupuladria reussiana (Manzoni 1869)

1945. *Cupularia reussiana*, Manzoni: Barroso, p. 472, fig. 3.
 Localidad: La Puebla (Mallorca), Plasenciense.

Cupuladria sp.

1923. *Cupularia* sp., S. M. G. C., p. 89.
 Localidad: Calafell (Tarragona), Helveciense.

Familia **Electridae** Lagaaij 1952

Genero **Pyripora** D'Orbigny 1849

Pyripora catenularia (Jameson 1814)

1945. *Pyripora catenularia*, Jameson: Barroso, p. 468, fig. 1.

Localidad: Sa Taulera de Santa Margarita (Mallorca), Vindoboniense.

Familia **Calloporidae** Norman 1903

Género **Callopora** Gray 1848

Callopora dumerilii (Savigny-Audouin 1827)

1945. *Callopora Dumerilii*, Savigny-Audouin: Barroso, p. 469.

Localidad: Sa Taulera de Santa Margarita (Mallorca), Vindoboniense.

División **COILOSTEGA** Levinsen 1909

Familia **Onyhocellidae** Jullien 1882

Género **Onyhocella** Jullien 1882

Onyhocella fulvica Canu & Passler 1930

1945. *Onyhocella fulvica*, Canu & Bassler: Barroso, p. 470, lám. XXXII, figura 3.

Localidad: Sa Taulera de Santa Margarita (Mallorca), Vindoboniense.

Familia **Microporidae** Gray 1848

Género **Rosseliana** Jullien 1888

Rosseliana rosseli (Audouin 1826)

1916. *Rosseliana Rosseli*, Audouin: Faura & Canu, p. 129, pl. III, fig. 6.

Localidad: Kilómetro 4 de la carretera de Tarragona a Pont d'Armentera (Tarragona), Bardigaliense superior.

Familia **Calpensiidae** Canu & Bassler 1923Género **Calpensia** Jullien 1888*Calpensia nobilis* (Esper 1796)1945. *Calpensia nobilis*, Esper: Barroso, p. 479, fig. 7.

Localidad: Mola de Vinagrella, Llubí (Mallorca). Mioceno superior.

División **PSEUDOSTEGA** Levinsen 1909Familia **Cellariidae** Hincks 1880Género **Cellaria** Ellis & Solander 1786*Cellaria johnsoni* (Busk 1858) (figs. 8-11)1858. *Nellia Johnsoni*: Busk, p. 125, pl. XIX, fig. 2.1859. *Cellaria Johnsoni*, Busk: Busk, p. 65, pl. XXII, figs. 4-5.1860. *Salicornaria Johnsoni*, Busk: Busk, p. 280, pl. 28, figs. 4-5.1880. *Cellaria Johnsoni*, Busk, Hincks, p. 112, pl. XIII, figs. 9-12.1894-1914. *Melicerita Johnsoni*, Busk: Almera, p. 251.1900. *Melicerita Johnsoni*, Busk: D'Angelis, p. XXXII, lám. B, figs. 2-5.1895. *Melicerita Johnsoni*, Busk: Neviani, p. 100, tav. V, figs. 15-17.

La diagnosis original de Busk (1858) para esta especie es la siguiente: «Front of cell pyriform, pointed at bottom; margin raised, thick, smooth. Mouth semi-orbicular, lower lip straight. Ovicell (?)»

La forma piriforme que en algunos casos pasa a ser elíptica, aunque ligeramente afinada en la parte proximal (cfr. diagnosis de Busk 1859), es muy típica y se separa un poco de los esquemas que sobre la forma de los zoecios ha dado Hastings, y que reproduce Lagaij (1952). Por otra parte, Hincks (1880) completa la descripción con algunos rasgos peculiares que se encuentran en los ejemplares que están en nuestro poder. El zoario, en efecto, es delgado. Los zoecios distantes, y el espacio que los separa está ocupado por un ribete saliente, que es el que limita y da forma alusada a los zoecios. La situación del orificio (opesio) es subcentral y en forma arqueada en la parte distal, y ligeramente arqueada en la proximal.

Todos estos datos permiten clasificar los numerosos ejemplares de Vilacolum en esta especie, a pesar de que difícilmente puedan compararse con las

figuras de D'Angelis (1900), que corresponden a ejemplares hallados en el Plasenciense de Torrente de Can Albareda, cerca de San Feliú de Llobregat.

Es grande la dificultad en identificar estas *Cellaria* por la importancia que dan al avicelario ciertos autores (Neviani 1895, D'Angelis 1900 y Busk 1860), siendo este zoecio poco abundante y difícil de distinguir. Aquí se figura (fig. 11) un avicelario que concuerda con la descripción de la especie y con la figura de Busk (1860). Ocupa el lugar de un zoecio normal y tiene un aspecto próximo al de un opesio normal de mayores dimensiones.

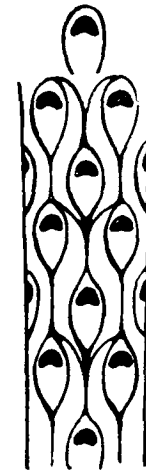


Fig. 8.—*Cellaria johnsoni* (Busk 1858). Forma típica delgada. Astiense de Vilacolum (Gerona). Aumentado unas 35 veces.

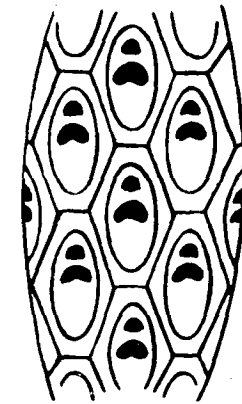


Fig. 9.—*Cellaria johnsoni* (Busk 1858). Forma robusta. Astiense de Vilacolum (Gerona). Aumentado unas 50 veces.

Entre los ejemplares de Vilacolum se encuentra, no obstante, otra *Cellaria*, al parecer, bastante diferente de la anterior, y la cual en un principio fue separada para ser estudiada aparte (fig. 9).

Un examen somero muestra que se trata de una forma más robusta, con zoecios de contornos romboidales (de acuerdo con los esquemas citados de Hastings), con el ribete saliente, delimitando unos espacios trianguloides en la parte latero-central de los zoecios (poco visibles en las figs.), y presentándose prácticamente todos los zoecios ovicelados. También las dimensiones difieren notablemente de la *C. johnsoni*, como puede verse en los datos adjuntos. Por todas estas características, fáciles de ver, se pensó en crear una nueva especie ya que, a pesar de cierto parecido, no correspondía a la *C. fistulosa* Auct.

No obstante, el examen más detallado del material de Vilacolum hizo encontrar formas combinadas de las dos anteriores. Determinados fragmentos (fig. 10) demuestran claramente que se trata del mismo animal cuya colonia

presenta trozos más delgados de zoecios separados, piriformes, que corresponden a la determinación de *C. johnsoni*, mientras que otras partes del zoario más robustas con los zoecios tocándose, de forma romboidal, dan una apariencia distinta a la forma citada.

Por esto aquí se han figurado las dos variadas manifestaciones de la *C. johnsoni*, así como el modo de entronque de ambas (figs. 8, 9, 10).

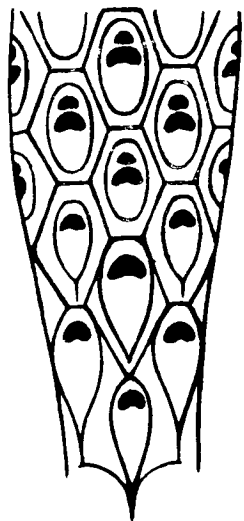


Fig. 10.- *Ciliaria johnsoni* (Busk 1858). Forma combinada. Astiense de Vilaco lom (Gerona). Aumentada unas 45 veces.

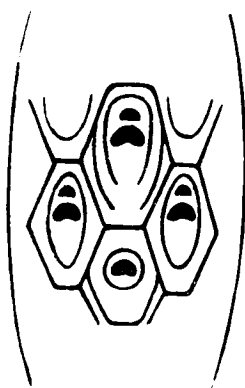


Fig. 11. *Ciliaria johnsoni* (Busk 1858). Zoario con un avicelario. Astiense de Vilacolom (Gerona). Aumento: unas 45 veces.

Las dimensiones comparadamente presentadas son las siguientes:

	Forma típica (delgada)	Forma robusta
Anch. del zoario	0,27-0,37 mm.	0,67-0,68 mm.
Long. zoecios	0,43-0,45 »	0,37-0,40 »
Anch. »	0,19-0,22 »	0,23-0,27 »
Alt. opesio	0,05-0,08 »	0,05-0,10 »
Anch. »	0,08-0,11 »	0,11-0,13 »
Separación longitudinal de los zoecios	0,08-0,16 »	nula

Localidad: Vilacolom (Gerona), Plioceno (Astiense).
 Repartición estratigráfica: Neógeno español: Plioceno (Astiense), Vila-

colom (Gerona), Plasenciense, Torrente de Can Albareda, San Feliú de Llobregat (Barcelona).

Neógeno extranjero: Plioceno: Italia.

Repartición geográfica: Mediterráneo y Atlántico centro-oriental.



División **CRIBIMORPHA** Lang 1916

Familia **Cribrilinidae** Hincks 1880

Género **Cribilaria** Canu & Bassler 1928

Cribilaria radiata (Moll 1803).

1900. *Cribrilina radiata*, Moll: D'Angelis, p. XXXV, lám. B, fig. 10.

1894-1914. *Cribrilina radiata*, Moll: Almera, p. 251.

1916. *Puellina radiata*, Moll: Faura & Canu, p. 135 (en texto), fig. 5.

Localidades: Vilafranca del Panadés (Barcelona), y San Domingo dels Monjos (Barcelona), Helveciense, Ciurana (Gerona) y Empordá (Gerona), Plasenciense.

Género **Membraniporella** Smitt 1873

Membraniporella nitida (Johnston 1838)

1900. *Membraniporella nitida*, Johnston: D'Angelis, p. XXXIV.

1894-1914. *Membraniporella nitida*, Johnston: Almera, p. 251.

Localidades: La Salut-San Feliú de Llobregat (Barcelona), Astiense.

Género **Puellina** Jullien 1886

Puellina gattyae (Busk 1852)

1945. *Puellina gattyae*, Busk: Parroso, p. 473, fig. 4.

Localidad: Sa Taulera de Santa Margarita (Mallorca), Vindoboniense.

Suborden ASCOPHORA Levinsen 1909

Familia **Hippothoidae** Levinsen 1909

Género **Hippotoa** Lamouroux 1821

Hippothoa castrocarensis (Manzoni 1875)

1916. *Celleporella castrocarensis*, Manzoni: Fauna & Canu, p. 143, pl. VI, figura 1.

Localidad: Vilacolum (Gerona). Astiense.

Género **Chorizopora** Hincks 1880

Chorizopora brongniartii (Audouin 1826)

1900 (1899). *Chorizopora Brongniartii*, Audouin: D'Angelis, p. XXXVI, lám. B, figs. 12-13.

1894-1914. *Chorizopora Brongniartii*, Audouin: Almera, p. 251.

Localidad: Molins de Rey a Esplugas (Barcelona). Astiense

Familia **Schizoporellidae** Julien 1883

Género **Schizoporella** Hincks 1877

Schizoporella unicornis (Johnston 1847)

1945. *Schizoporella unicornis*, Johnston: Barroso, p. 474.

Localidad: Sa Taulera de Santa Margarita (Mallorca). Vindoboniense.

Género **Schizomavella** Canu & Bassler 1917

Schizomavella linearis (Hassal 1841)

1898 (1895).—*Schizoporella linearis*, Hassal: D'Angelis, p. 23.

Localidad: Monjos del Panadés (Barcelona). Burdigaliense.

Familia **Microporellidae** Bassler 1934

Género **Microporella** Hincks 1877

Microporella malusii (Audouin 1826)

1898. *Microporella Malusii*, Audouin: D'Angelis, p. 22.

1923. *Microporella Malusii*, Audouin: S. M. G. C., p. 89.

Localidad: Calafell (Tarragona). Burdigaliense.

Familia **Escharellidae** Levinsen 1909

Género **Escharella** Gray 1848

Escharella variolosa (Johnston 1838) (fig. 12)

1898. *Smittia variolosa*, Johnston: D'Angelis, p. 25.

1923. *Smittia Mucronella variolosa*, Johnston: S. G. M. C., p. 89.

1930. *Mucronella variolosa*, Johnston: Canu & Lecointre, p. 98.

1945. *Mucronella variolosa*, Johnston: Parroso, p. 474.

1949. *Mucronella variolosa*, Johnston: Vigneaux, p. 93, pl. VIII, fig. 16

1956. *Escharella variolosa*, Johnston: Buge, p. 62, pl. X, fig. 8.

1957. *Escharella variolosa*, Johnston: Buge, p. 279.

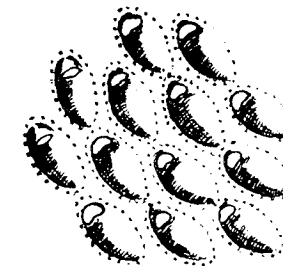


Fig. 12. *Escharella variolosa* Johnston 1838. Beas de Granada. Tortoniense inferior. Aumento: 18 veces.

Esta es la primera especie clasificada del Neógeno de Granada. Se trata de un pequeño fragmento de colonia incrustante, bien conservado, que ha permitido una rápida clasificación. Sus variaciones con respecto a los datos aporta-

dos por los autores citados se refieren sobre todo a las medidas. En efecto, de acuerdo con la clave que da Buge (1957) para las especies de *Escharella* de los «faluns» del Oeste francés, nuestro ejemplar corresponde a la *E. variolosa*, Johnston 1838, por superar su longitud media los 0,58 mm. Con todo, la especie de Granada tiene medidas superiores a las que trae Buge (1956) para esta especie. Pueden verse más abajo la comparación de las medidas de nuestro ejemplar con las medidas de las formas halladas en el Plioceno de Cap Bon (Túnez) (Buge 1956).

La clasificación se ha basado en las diagnósis de Buge (1956) y en los datos de los demás autores citados, en especial la fotografía de Vigneaux (1949). Las características del ovicelo corresponden a las medidas y descripción de los autores. Como en los ejemplares de Cap Bon, no se hallan en el nuestro rastros de espinas, aunque no parece que sea en ningún modo desgastado. La frontal tiene un aspecto liso como la del ejemplar de Vigneaux (1949), en oposición a las formas descritas por Buge (1956).

Medidas micrométricas:

	Formas de Cap Bon	Formas de Granada
Long. de los zoocios	0,57-0,65 mm.	0,70-1,00 mm.
anch. " " " " " "	0,37-0,42 " "	0,40-0,54 " "
altura de la apertura	0,09-0,11 " "	0,10-0,11 " "
		0,06-0,10 " (zoocios ovicel.)
anchura de la apertura	0,14 " "	0,16-0,18 " "
		0,27 " (zoocios ovicel.)
altura del ovicelo	0,23-0,26 " "	0,22-0,24 " "
anchura del ovicelo	0,30-0,32 " "	0,32 " "

Localidades: Calafell (Tarragona) y San Buñola (Mallorca), Burdigaliense, Arenas del Hervidero (Beas de Granada-Cuesta de las Caracolas) (Granada), Tortoniense inferior.

Repartición estratigráfica: Neógeno español: Purdigaliense: Calafell (Tarragona), Burdigaliense: San Buñola (Mallorca), Tortoniense: Granada. Neógeno extranjero: Mioceno del SW de Francia, de Italia y de la cuenca de Vienne, Plioceno del N. de África, Italia y Sicilia, Cuaternario de Italia.

Actualmente se ha encontrado en el Atlántico oriental y en el Mediterráneo.

Familia *Sertellidae* Jullien 1903

Género *Sertella* Jullien 1903

Sertella beaniana (King 1846)

1898. *Retepora beaniana*, King: D'Angelis, p. 26.
 1916. *Retepora beaniana*, King: Faura & Canu, p. 151.
 1960. *Sertella beaniana*, King: Reguant, p. 132.

Localidades: Altafulla, y Cap Gros, Altafulla (Tarragona), Burdigaliense.

Familia *Adeonidae* Hincks 1887

Género *Trigonopora* Maplestone 1902

Trigonopora girondica (Duvergier 1942) *tarraconensis* Reguant 1960

1960. *Trigonopora girondica tarraconensis*: Reguant, p. 128, fig. 2.

Localidad: Cap Gros, Altafulla (Tarragona), Burdigaliense.

Trigonopora monilifera (Milne Edwards 1836)

1892. *Eschara monilifera*, Milne Edwards: Mallada, p. 212.
 1897. *Escharoides monilifera*, Milne Edwards: Almera, p. 31.
 1898. *Escharoides monilifera*, Milne Edwards: D'Angelis, p. 24.
 1899. *Escharoides monilifera*, Milne Edwards: Almera, p. 298.
 1900. *Escharoides monilifera*, Milne Edwards: D'Angelis, p. XI, lám. B, figura 13.
 1916. *Metrarabdotos moniliferum*, Milne Edwards: Faura & Canu, p. 160, Pl. VI, figs. 5-6 (en texto), 13.
 1923. *Eschara monilifera*, Michelin: S. M. G. C., p. 89.
 1945. *Metrarabdotos moniliferum*, Milne Edwards: Parroso, p. 176, lámina XXXII, fig. 6.

Localidades: Altafulla, Torredembarra, Bará, Torra de Bará (Tarragona), Burdigaliense, San Pau d'Ordal a S. Sadurni de Noya (Barcelona), Calafell (Tarragona), Helveciense, «Can Capó» (Mallorca), Plioceno.

Trigonopora sp.

Localidad: En Llubi (Mallorca) se ha encontrado un fragmento de un zoario estéril, que corresponde al género de Maplestone 1902, Tortoniense.

Familia **Smittinidae** Levinsen 1909

Género **Porella** Gray 1848

Porella cervicornis (Pallás 1766)

1945. *Porella cervicornis*, Pallás: Barroso, p. 475.

Localidad: «Can Capó» (Mallorca). Plioceno.

Familia **Celleporidae**

Género **Holoporella** Waters 1909

? *Holoporella palmata* (Michelin 1847)

1898. *Osthimosia coronopus*, S. Wood: D'Angelis, p. 24.

Localidad: Altafulla (Tarragona). Burdigaliense.

Género **Schismopora** MacGuillivray 1888

Schismopora pumicosa (Busk 1854)

1945. *Schismopora pumicosa*, Busk: Barroso, p. 476, fig. 5 (?).

Localidad: Sa Taulera de Santa Margarita (Mallorca). Vindoboniense.

Schismopora tubigera (Busk 1859)

1945. *Schismopora tubigera*, Busk: Barroso, p. 476.

Localidad: Sa Taulera de Santa Margarita (Mallorca). Vindoboniense.

Familia **Myriozoidae** Smitt 1867

Género **Myriozoum** Donati 1750

Myriozoum truncatum Pallás 1766

1945. *Myriozoum truncatum*, Pallás: Barroso, p. 477, lám. XXXII, fig. 7.
Localidad: Sa Taulera de Santa Margarita (Mallorca). Vindoboniense.

REPARTICIÓN GEOGRÁFICA Y ESTRATIGRÁFICA DE LOS BRIOZOOS
DEL NEÓGENO ESPAÑOL

Los Briozoos del Neógeno español se hallan localizados en Cataluña (provincias de Barcelona, Gerona y Tarragona), en Andalucía (provincia de Granada), y en las Islas Baleares (isla de Mallorca). Su repartición estratigráfica tal como la dan los autores está contenida en las listas siguientes: (En estas listas se ordenan todas las especies con el mismo orden seguido en la parte sistemática que precede, dentro de cada edad, época o periodo.)

BURDIGALIENSE

Membranipora irregularis Manzoni 1875. Calafell (Tarragona).

Conopeum reticulum (Linneo 1767). Altafulla (Tarragona). Km. 4 Tarragona a Pont d'Armentera. Calafell (Tarragona). San Buñola (Mallorca).

Rosseliana rosseli (Audouin 1826). Km. 4 Tarragona a Pont d'Armentera.

Schizomazella linearis (Hassal 1841). Monjos del Panadés (Barcelona).

Microporella malusii (Audouin 1826). Calafell (Tarragona).

Escharella variolosa (Johnston 1838). Calafell (Tarragona). San Buñola (Mallorca).

Sertella beaniana (King 1846). Altafulla (Tarragona).

Trigonopora girondica (Duvergier 1924) *tarraconensis* Reguant 1960. Altafulla (Tarragona).

Trigonopora monilifera (Milne-Edwards 1836). Altafulla (Tarragona). Torredembarra (Tarragona). Bará (Tarragona).

? *Holoporella palmata* (Michelin 1847). Altafulla (Tarragona).

HELVECIENSE

- Ceriopora* sp. S. Pau d'Ordal a S. Sadurn de Noya (Barcelona).
Membranipora irregularis Manzoni 1875. San Miguel de Fluviá (Gerona).
Conopceum reticulum (Linneo 1767). Viloví (Barcelona).
Cupuladria canariensis (Busk 1859). Vilafranca del Panadés (Barcelona).
 Santo Domingo dels Monjos (id.).
Cupuladria sp. Calafell (Tarragona).
Cribrilaria radiata (Möll 1803). Vilafranca del Panadés (Barcelona).
 Santo Domingo dels Monjos (id.).
Trigonopora monilifera (Milne Edwards 1836). Calafell (Tarragona).
 San Pau, d'O. a S. Sadurn de Noya (Barcelona).

TORTONIENSE

- Biflustra savartii* (Savigny-Audouin 1826). Llubí (Mallorca).
Cupuladria haidingeri (Reuss 1847). Llubí (Mallorca).
Escharella variolosa (Johnston 1838). Peas de Granada.
Trigonopora sp. Llubí (Mallorca).

VINDOBONIENSE

- Stomatopora granulata* Milne Edwards 1838. Sa Taulera de Santa Margarita (Mallorca).
Berenicea repens Wood 1844. Sa Taulera de Santa Margarita (Mallorca).
Diaperocella flabellum (Reuss 1847). Sa Taulera de Santa Margarita (Mallorca).
Lichenopora hispida Fleming 1828. Sa Taulera de Santa Margarita (Mallorca).
Pyripora catenularia (Jameson 1814). Sa Taulera de Santa Margarita (Mallorca).
Cellepora dumerilii (Savigny-Audouin 1827). Sa Taulera de Santa Margarita (Mallorca).
Onychoella fulvica Canu & Bassler 1930. Sa Taulera de Santa Margarita (Mallorca).
Puellina gattyae (Busk 1852). Sa Taulera de Santa Margarita (Mallorca).
Schizoporella unicornis (Johnston 1847). Sa Taulera de Santa Margarita (Mallorca).
Schismopora fumicosa (Busk 1854). Sa Taulera de Santa Margarita (Mallorca).

- Schismopora tubigera* (Busk 1859). Sa Taulera de Santa Margarita (Mallorca).
Myriozoum truncatum (Pallás 1766). Sa Taulera de Santa Margarita (Mallorca).

MIOCENO

- Calpensia nobilis* (Esper 1796). Llubí (Mallorca).

PLASENCIENSE

- Lichenopora hispida* Fleming 1828. San Feliú de Llobregat (Barcelona).
 Molins de Rey a Esplugas (id.).
Biflustra savartii (Savigny-Audouin 1826). La Puebla (Mallorca). Ciurana (Gerona).
Cupuladria canariensis (Busk 1859). Ciurana (Gerona). Ampurdán (id.).
Cupuladria haidingeri (Reuss 1847). La Puebla (Mallorca).
Cupuladria reussiana (Manzoni 1869). La Puebla (Mallorca).
Cellaria johnsoni (Busk 1858). San Feliú de Llobregat (Barcelona).
Cribrilaria radiata (Möll 1803). Ciurana (Gerona). Ampurdán (Gerona).

ASTIENSE

- Crisia strangulata* Buge 1957. Vilacolom (Gerona).
Filisparva vilacolomensis nov. sp. Vilacolom (Gerona).
Estalophora proboscidea (Milne Edwards 1838). Vilacolom (Gerona).
Idmonca cfr. *magna* Canu & Bassler 1920. Vilacolom (Gerona).
Idmonca villaltae nov. sp. Vilacolom (Gerona).
Cellaria johnsoni (Busk 1858). Vilacolom (Gerona).
Membraniporella nitida (Johnston 1838). San Feliú de Llobregat (Barcelona).
Hippothoa castrocarensis (Manzoni 1875). Vilacolom (Gerona).
Chorizopora brongniarti (Audouin 1826). Molins de Rey a Esplugas (Barcelona).

PLIOCENO

- Biflustra savartii* (Savigny-Audouin 1826). Can Capó (Mallorca).
Trigonopora monilifera (Milne Edwards 1836). Can Capó (Mallorca).
Porella cervicornis (Pallás 1766). Can Capó (Mallorca).

BIBLIOGRAFÍA RELATIVA DE LOS TRABAJOS EN QUE SE DESCRIBEN O CITAN BRIOZOOS DEL NEÓGENO ESPAÑOL

- MALLADA, L. (1892): *Catálogo de las especies fósiles encontradas en España*. «Bol. Com. Map. Géol. Esp.», t. XVIII. Madrid.
- ALMERA, J. (1897): *Reconocimiento de la presencia del primer piso mediterráneo en el Pa-nadés*. «Mem. Real Acad. Cienc. Artes Barcelona», 3.ª época, vol. I, pp. 349-394; 5 figs., 1 cuadro. Barcelona.
- D'ANGELIS, J. (1898): *Los primeros Antozoos y Briozoos miocénicos recogidos en Cataluña*. «Mem. Real Acad. Cienc. Artes Barcelona», 3.ª época, vol. III, pp. 1-31. Barcelona.
- ALMERA, J. (1899): *Compte rendu de l'excursion (du samedi, 8 octobre 1898) a Castelló de la Marca au vallon de Sant Pau d'Ordal et a San Sadurn de Noya*. «Bull. S. G. F.», 3, ser. t. 26, pp. 840-852. Paris.
- D'ANGELIS, J. (1900): *Los primeros Briozoos encontrados en los depósitos pliocénicos de Cataluña (se encuentra a continuación de ALMERA 1894-1914)*. «Mem. Real Acad. Cienc. Artes Barcelona», 3.ª época, vol. III, pp. XXVII-XL. Lám. B, Barcelona.
- ALMERA, J. (1894-1914): *Descripción de los terrenos pliocénicos de la cuenca del Bajo Llobregat y Llano de Barcelona*. «Mapa Géol. de la Prov. de Barcelona», Barcelona, y «Mem. Real Acad. Cienc. Artes Barcelona», 3.ª época, vol. III, 355 pp., 28 láms., 17 figs. Barcelona.
- FAURA, M. (1914): *Sobre la presencia de un briozoo cíclico, la «Cupularia canariensis» Busk, descubierta en los terrenos miocénicos de Cataluña*. «Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat.», t. XIV, p. 397. Madrid.
- FAURA, M. et CANU, F. (1916): *Sur les Bryozoaires des terrains tertiaires de la Catalogne*. «Treballs de la Institució catalana d'Historia natural», pp. 59-193, 21 figs., IX pl. Barcelona.
- S. M. G. C. (SERVEI DEL MAPA GEOLOGIC DE CATALUNYA) (1923): *Explicació de la fulla núm. 39. Vilanova i Geltrú*. «Mancomunitat de Catalunya», 111 pp., 49 figs. Barcelona.
- BARROSO, M. G. (1945): *Briozoos fósiles de Mallorca*. «Bol. Real Acad. Esp. Hist. Nat.», t. XLV, pp. 467-481, 7 figs., 1 lám. Madrid.
- REGUANT, S. (1960): *Nota sobre dos Briozoos del Mioceno de la provincia de Tarragona*. NOT. COM. INST. GEOL. MIN. ESP., t. 57, pp. 127-134, 2 figs. Madrid.

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

- MILNE EDWARDS, H. (1838): *Mémoire sur les Crisics, les Hornères et plusieurs autres Polytypes vivants ou fossiles dont l'organisation est analogue a celle des Tubulipores*. «Annales des Sciences naturelles», 2 série zool., t. IX, pp. 193-238, pl. VI-XVI.
- REUSS, A. E. (1847): *Die fossilen Polypterien des Wiener Tertiärbeckens*. «Haidinger's naturwis. Abhandlungen», vol. II, t. IV, pp. 1-109, pl. I-XI. Wien.
- ORBIGNY, A. D' (1852-1860): *Descripción des mollusques et rayonnés fossiles*. «Paléontologie française», tome V: Bryozoaires texte, pp. 1-1191, atlas, pl. 600-800.
- BUSK, G. (1858): *Zoophytology. On some Madeiran Polyzoa*. «Quart. Journ. Micr. Sc.», VI, pp. 124-130, pls. 18, 19.
- (1859): *Zoophytology. On some Madeiran Polyzoa*. «Quart. Journ. Micr. Sc.», VII, pp. 65-67, pls. 22, 23.
- (1860): *Catalogue of the Polyzoa collected by J. Y. Johnson Esq. at Madeira in the*

- years 1859 and 1860, with descriptions of the new species. «Journ. Micr. Sci.», vol. 8, pp. 280-285, pls. 30, 31.
- REUSS, A. E. (1865): *Die Foraminiferen, Anthozoen und Bryozoen des deutschen Septarienthones. Ein Beitrag zur fauna der Mitteloligoänen Tertiärschichten*. «Denk. Math. nat. k. Akad. Wissensch.», XXV, 98 pp., 11 taf.
- MANZONI, A. (1877): *I briozoi fossili del Miocene d'Austria ed Ungheria. III P.* «Denk. der math. nat. kl. der k. Akad. Wissensch.», XXXVIII, pp. 1-24. Taf. I-XVIII. Wien.
- HINCKS, T. (1880): *A History of the British marine Polyzoa (in two vol.)*, I. Text., Xpp. 1-601, 41 figs., II Plates 1-83. London.
- PERGENS, E. (1889): *Révision des bryozoaires du Crétacé figurés par d'Orbigny*. «Belge soc. géol. pal. hydrog. Mém.», t. 3, pp. 305-400, pl. 11-13, figs. 1-6. Bruxelles.
- NEVIANI (1895): *Briozoi fossili della Farnesina e Monte Mario presso Roma*. «Palaeontographica italica», vol. I, pp. 77-140, tav. XVI, Pisa.
- ULRICH, E. D. & BASSLER, R. S. (1904): *Bryozoa (Miocene)* (in «Maryland Geol. Survey»), pp. 404-429, pls. CIN-CVIII.
- CANU, F. (1907-1910): *Bryozoaires des terrains tertiaires des environs de Paris*. «Annales Pale.», t. 2 (1907), pp. 57-89; 137-160, 8 pl., 8 figs., t. 3 (1908), pp. 61-104, 2 pl., t. 4 (1909), pp. 101-140, 4 pl., t. 5 (1910), pp. 89-112, 4 pl.
- HARMER, S. F. (1915): *The Polyzoa of the Siboga Expedition*. Part. I. Entoprocta, Ctenostomata, Cydostomata, pp. 1-180, 12 pl. Leyden.
- CANU, F. & BASSLER, R. S. (1920): *North American early Tertiary Bryozoa*. «U. S. Nat. Mus. Bull.», n.º 106, pls. 1-162, figs. 1-279, pp. 879. Washington.
- (1923): *North American Later Tertiary and Quaternary Bryozoa*. «U. S. Nat. Mus. Bull.», n.º 125, pls. 47, 38 figs. Washington.
- CANU, F. et LECOINTRE, G. (1930): *Les Bryozoaires cheilostomes des Faluns de Touraine et d'Anjou*. «Mém. Soc. Géol. France.», nouv. sér., t. VI, n.º 4, pp. 83-100, pls. XVI-XXV. Paris.
- (1933): *Les Bryozoaires cyclostomes des faluns de Touraine et d'Anjou*. «Mém. Soc. Géol. France.», nouv. sér., t. VIII, n.º 4, pp. 131-178, pls. XXVI-XXXV. Paris.
- VIGNEAUX, M. (1949): *Révision des Bryozoaires néogènes du Bassin d'Aquitaine et essai de classification*. «Mém. Soc. Géol. France.», nouv. sér., t. XXVIII, n.º 60, pp. 1-155, pls. I-XI. Paris.
- LAGAANJ, R. (1952): *The pliocene Bryozoa of the Low Countries and their bearing on the marine stratigraphy of the North Sea region*. «Mededelingen van de geologische stichting», sér. C-V, núm. 5, pp. 233, figs. 29, pls. 26. Maastricht.
- BUGE, E. (1956): *Les Bryozoaires du Pliocène du Cap Bon (Tunisie)*. «Annal. des Mines et de la Géologie», núm. 17. Tunis.
- (1957): *Les Bryozoaires du néogène de l'Ouest de la France et leur signification stratigraphique et paléobiologique*. «Mém. Mus. Hist. Nat.», nouv. sér. C, t. VI, pp. 1-436, pl. I-XI. Paris.

S. DE LA CONCHA y J. SUAREZ FEITO

GUIA DEL MAPA MINERO DE ESPAÑA, EXCLUIDOS HIERRO Y CARBON. ESCALA 1:1.000.000

ALUMINIO, AMIANTO, ANTIMONIO, ARSENICO, AZUFRE, BARITA, BENTONITA, BERILIO, BISMUTO, CAOLIN, CINC, COBALTO, COBRE, CROMO, ESTASO, ESTRONCIO, FLUORINA, FOSFORITA, GRAFITO, GRANATE, LITIO, MAGNESITA, MANGANESO, MERCURIO, MICA, MOLIBDENO, NIQUEL, URITA, PLATA, PLOMO, POTASA, SODIO (CLORURO), SODIO (SULFATO), TALCO, TANTALO Y NIOBIO, TITANIO, TRIPOLI, URANIO, VANADIO, VERMICULITA, VOLFFEMIO.

RESUMEN

Se exponen las normas seguidas para la confección de una nueva edición del Mapa Minero de España, del que se han excluido el hierro y carbón, para resaltar más las otras menas, y dado que recientemente se han hecho planes específicos del hierro y carbón como aportación de nuestro país a los convenios internacionales y ejecución de los Mapas europeos respectivos.

En los símbolos adoptados, se diferencian las menas según hayan tenido o no, producción en el año 1959, año al que corresponde la última «Estadística Minera y Metalúrgica de España» publicada.

En esta Guía, se relacionan por orden alfabético las cuarenta y dos menas que figuran en el Mapa, consignando su producción anual, producción por provincias y unas notas muy breves sobre los criaderos más característicos.

Se acompaña un cuadro sinóptico con todas las provincias españolas y sus menas.

ABSTRACT

Here are exposed the standards followed to make a new issue of the Mining Map of Spain, from which iron and coal have been excluded, as a contribution of Spain to the international conventions in regard to European Maps.

In the symbols adopted the ores are differentiated according to their having or not production during the year 1959 as per the last «Estadística Minera y Metalúrgica de España» already published.

In this guide of the Mining Map of Spain are reported alphabetically the forty two ores of the Map, stating their yearly and provincial productions and a report about the most important ore deposits.

It is also enclosed a table of all the Spanish provinces and their ores.

Agotadas todas las ediciones del Mapa Geológico-Minero de España, de las cuales la última data del año 1934, se ha confeccionado uno nuevo, y dado que se han ido publicando sucesivos Mapas Geológicos con las rectificaciones pertinentes, se creyó oportuno simplificar al mínimo, en este nuevo Mapa, las representaciones geológicas y excluir los criaderos de hierro y carbón, ya que se han publicado últimamente mapas de estas sustancias para la aportación de nuestro país a los convenios internacionales y realización de los Mapas europeos del hierro y del carbón. Quedan así justificadas estas simplificaciones, que ofrecen la ventaja de resaltar los demás minerales, objeto de este Mapa.

Se ha estimado también oportuno, redactar esta sucinta Guía orientativa, tratando de darle la condición de perfectibilidad, es decir, que permita su utilización desde el primer momento y sea susceptible de perfeccionarla en sucesivas ediciones, teniendo como meta un estudio completo de los criaderos españoles, con estadísticas y bibliografía.

En cuanto a la geología, se diferencian en el Mapa solamente las rocas hipogénicas ácidas y básicas, y las eras primaria, secundaria y unidas la terciaria y cuaternaria.

Las minas de cada término se agrupan en la cabecera del Municipio con los clásicos martillos y los símbolos del mineral, inscribiendo aquéllos en un círculo, si han tenido producción en el año 1959. Se diferencian los símbolos por su trazo fuerte para las minas productivas y fino para las restantes.

A dicho año de 1959, corresponden las cifras consignadas en esta Guía, tomadas de la última «Estadística Minera y Metalúrgica de España» publicada por el Consejo de Minería. Se dan, en su caso, las cifras de metal o combinación contenida en el mineral que le valora, y a estas cifras corresponden las producciones que entre paréntesis se dan para las distintas provincias, ordenadas de mayor a menor producción.

Se adjunta un cuadro con las provincias y las cuarenta y dos menas que figuran en el Mapa, distinguiendo del mismo modo que en éste, las que han tenido producción durante el año 1959, de las que no la han tenido.

A L U M I N I O

Producción: 7.659 Tm. de bauxita (3.269 Tm. de Al_2O_3).

Lérida (3.039 Tm.), Teruel (162 Tm.), Barcelona (60 Tm.) y Tarragona (8 Tm.).

Los criaderos de bauxita se reparten por la zona NE. de la Península, en las provincias catalanas y Teruel. Se presentan en hiatos o soluciones de continuidad estratigráfica de diferentes niveles del Mesozoico, bien en capas estratificadas, como en la zona subpirenaica, o bien en forma de bol-

sadas, resultado de la laterización «in situ», de rocas magnesianas básicas, como en la zona central correspondiente a la provincia de Barcelona. Se han registrado numerosos afloramientos de muy variable composición y volumen, generalmente altos en sílice en relación a los tipos comerciales de bauxita.

A M I A N T O

Producción: 17 Tm. de crisotilo.

La única provincia en actividad fue Málaga (Mijas).

En la última postguerra se trabajaron en pequeña escala algunas minas de crisotilo, en las serpentinas de la Serranía de Ronda (Málaga) y de la zona de Mellid-Tejeiro en el límite de las provincias de La Coruña y Lugo. También se realizaron algunos trabajos de investigación de crisotilo en Mesuy (Lérida) y Calera de León (Badajoz).

El amianto anfibólico que se presenta en varios lugares, no ha tenido nunca valor industrial alguno.

A N T I M O N I O

Producción: 337 Tm. (160 Tm. de Sb.)

La producción metalúrgica, fue de 295 toneladas de metal, correspondiendo la diferencia al antimonio obtenido como subproducto metalúrgico, principalmente de los minerales de plomo de Cartagena.

La producción minera correspondió por entero a la provincia de Ciudad Real, donde el campo filoniano se extiende por los términos de Almuradiel, Viso del Marqués, Torrenueva y Santa Cruz de Madela. Los filones siguen una dirección aproximada al NE., y contienen estibina con ganga cuarzoza, encajando en cuarcitas y pizarras silurianas.

A R S É N I C O

Sin producción de mineral.

Se han obtenido 291 toneladas de anhídrido arsenioso, en la mina de mercurio de Pola de Lena (Oviedo), procedentes de la destilación del rejalgat que acompaña al cinabrio.

Son numerosos los yacimientos filonianos, especialmente en las provincias de La Coruña, y Lugo, los cuales han sido trabajados esporádicamente. Los filones son de cuarzo, encajando en pizarras neólicas, y el mispíquel es frecuentemente aurífero.

A Z U F R E

Producción: 26.338 Tm. de mineral de azufre nativo (2.897 Tm. de S.)

La única provincia en actividad fue Albacete (Hellín) y el criadero se presenta en capas paralelas, encajando en margas muy calíferas del Mioceno lacustre.

B A R I T A

Producción 25.570 Tm. (24.099 Tm. de SO_4Ba .)

Córdoba (7.128 Tm.), Guadalajara (5.320 Tm.), Zaragoza (2.830 Tm.), Teruel (2.437 Tm.), Oviedo (2.416 Tm.), Navarra (1.281 Tm.), Vizcaya (1.148 Tm.), Tarragona (793 Tm.), Gerona (494 Tm.), Madrid (98 Tm.) y Castellón (28 Tm.)

Se conocen numerosos filones de barita encajando en rocas hipogénicas, tales como el granito de la Sierra de Córdoba, Pirineos Catalanes y Guadarrama, y en los terrenos metamórficos y sedimentarios, principalmente en los más antiguos, como en los neises y Siluriano de Guadalajara. También aparece como ganga de filones de plata, cobre, plomo y fluorina.

B E N T O N I T A

Producción: 6.585 Tm.

La única provincia en actividad fue Almería (Serrata de Níjar), donde aparece en capas de 1 a 2 metros de potencia y acusado buzamiento, resultando la bentonita de la alteración de materiales procedentes de coladas volcánicas ácidas.

B E R I L I O

Sin producción.

Ha sido objeto de alguna esporádica explotación en las pegmatitas de Sierra Albarrana (Córdoba) y se ha reconocido en otras pegmatitas, particularmente en las de la región NO. de España.

B I S M U T O

Producción: 155 Tm. (27 Tm. de Bi.)

La única provincia en actividad fue Córdoba, donde radican los principales criaderos alrededor de los términos de Conquista, Pozoblanco y

Villanueva de Córdoba. Estos criaderos aparecen en el límite del batolito y arman entre granito y pizarras. Las menas son sulfuros y carbonatos de bismuto con ganga de cuarzo y arcilla, presentándose la mineralización dentro de los filones, en bolsadas muy irregulares.

También se presenta como mineral accesorio en algunas pegmatitas con volframio y estaño.

C A O L Í N

Producción: 115.964 Tm. (47.797 Tm. de caolín puro).

Oviedo (12.256 Tm.), Lugo (7.995 Tm.), Valencia (7.263 Tm.), La Coruña (6.727 Tm.), Cuenca (3.705 Tm.), Navarra (3.310 Tm.), Guipúzcoa (1.600 Tm.), Segovia (850 Tm.), Pontevedra (600 Tm.), Teruel (434 Tm.), Toledo (57 Tm.) y Badajoz.

Los caolines españoles son de muy distinto origen y presentación. En Oviedo se obtiene mayormente de capas sedimentarias encajadas entre cuarcita armoricana, con facies «flysck». También aparece en la misma provincia, en depósitos modernos de los bordes de la costa, consecuencia de la caolinización de numerosos diques eruptivos que han defendido la costa de la erosión marina.

En Lage (La Coruña), el mineral resulta de la caolinización del feldspato de un batolito granítico. En algunas regiones aparece como producto de la caolinización de las arcillas del Keuper y Wealdense.

C I N C

Producción: 157.745 Tm. (85.861 Tm. de Zn.)

Toda la producción proviene de minerales complejos, del grupo GBP (72.031 Tm.), de galena-blenda (10.781 Tm.), galena-blenda-fluorina (2.838 Tm.) y galena-blenda-hierro (211 Tm.)

Santander (62.855 Tm.), Murcia (18.917 Tm.), Guipúzcoa (1.556 Tm.), Gerona (1.297 Tm.), Córdoba (439 Tm.), Vizcaya (345 Tm.), Navarra (336 Tm.), Cáceres (16 Tm.).

Los criaderos más importantes son los de Reocín (Santander), de origen metasomático y encajando en dolomías, resultado de la dolomitización de calizas aptenses. Tiene una potencia media de 5 metros, con bolsadas de hasta 20 metros y la blenda está asociada con galena y pirita.

En Andara, Aliva y Lloroza (Santander), se presenta la blenda sola, en yacimientos irregulares, unas veces en forma de venas filonianas y otras, en bolsadas rellenando los huecos de la caliza carbonífera. Son famosas las blendas acarameladas obtenidas de estos yacimientos.

C O B A L T O

Sin producción

En las provincias de Oviedo y León se presenta en bolsadas, con minerales de cobre, dentro de dolomías rojas encajadas en la caliza de la base del Carbonífero (Dinantiense) y actualmente se recuperan óxidos de cobalto como subproducto del tratamiento de minerales de cobre en el Aramo (Oviedo).

C O B R E

Producción: 761.058 Tm. (8.904 Tm. de Cu.)

La producción se compone de 309.066 Tm. (4.635 Tm. de Cu.) de piritas ferro-cobrizas procedentes de la provincia de Huelva y de 452.052 Tm. (4.629 Tm. de Cu.), de otros minerales suministrados por las siguientes provincias:

Huelva (3.346 Tm.), Oviedo (217 Tm.), La Coruña (185 Tm.), Palencia (173 Tm.), Sevilla (170 Tm.), Gerona (60 Tm.), Lérida (46 Tm.), Zaragoza (28 Tm.), Murcia (21 Tm.), Córdoba (20 Tm.) y Madrid (3 Tm.)

Se conoce una gran variedad de tipos de criaderos. En Riotinto (Huelva), se trabajan diseminaciones de calcopirita en pórfidos cuarcíferos, situados al respaldo de una de las masas de pirita.

En el Aramo y Cabrales (Oviedo), se presenta en bolsadas de óxidos y sulfuros dentro de dolomías, encajadas en las calizas del Carbonífero (Dinantiense).

En Cerdido y Moeche (La Coruña), aparece la calcopirita en masas de pirrotina y pirita. En Bañes (Palencia), se presenta la calcopirita en un criadero metasomático, encajando en bancos interestratificados en calizas y rocas detríticas carboníferas, atravesadas por rocas eruptivas ácidas. En Biel (Zaragoza), se trabajan criaderos secundarios formados por impregnaciones de areniscas de Oligoceno medio (Estampiense). En Jaén se presenta en filones, encajando en granito y pizarras paleozoicas, con calcosina, calcopirita, carbonatos de cobre y hierro, y ocasionalmente minerales de uranio.

C R O M O

Sin producción.

En la Serranía de Ronda se ha trabajado en diferentes épocas, la cromita asociada con el níquel en secreciones magmáticas de las peridotitas y serpentinas.

En la Sierra de la Capelada (La Coruña), se han reconocido aluviones de

cromopicotitas, sobre piroxenitas broncíticas, con minerales pobres de níquel y cromo, más o menos serpentinizadas.

E S T A Ñ O

Producción: 523 Tm. (301 Tm. de Sn.)

La producción procede de minas específicas de estaño (165 Tm.), minas de estaño-volframio (121 Tm.) y el resto a complejos de ilmenita (15 Tm.)

Cáceres (91 Tm.), Salamanca (66 Tm.), La Coruña (61,5 Tm.), Orense (33 Tm.), Pontevedra (21,5 Tm.), Córdoba (11 Tm.), Zamora (6 Tm.), Toledo (3 Tm.), Murcia (3 Tm.), Jaén (3 Tm.) y Badajoz (2 Tm.)

Los criaderos más importantes se encuentran en la región occidental de España (Galicia, Salamanca y Extremadura), continuación de los de Portugal y alineados según directrices tectónicas hercínianas. Aparecen los criaderos, en rocas pegmatíticas o granulíticas en las zonas de contacto de granitos y pizarras metamorfizadas por la aureola de aquéllos. Los criaderos secundarios procedentes de la disgregación y sedimentación de los primarios, tienen por lo general pequeño volumen.

Los criaderos de la Sierra de Cartagena se presentan en estrecha relación con rocas andesíticas; son de edad terciaria y posiblemente se depositaron en la reapertura de fracturas hercínianas, dando lugar a mineralizaciones sumamente complejas, en las que el estaño aparece asociado con el hierro, plomo, cinc, cobre y otros metales.

E S T R O N C I O

Sin producción.

Durante la última guerra mundial, se trabajó el criadero de Monte Vives, situado en la provincia de Granada, muy cerca de la capital. Se trata de un interesante criadero de estroncionita y celestina, formado por sustitución metasomática de la caliza triásica en que encaja, la cual aflora entre los depósitos lacustres miocenos que rodean la vega de Granada.

F L U O R I N A

Producción: 89.193 Tm. (82.298 Tm. de F₂Ca.)

La producción se compone de 64.021 Tm. (58.006 Tm. de F₂Ca.), procedentes de minas específicas de espatofluor y 25.169 Tm. (24.292 Tm. de F₂Ca.) de complejos con plomo y cinc.

Oviedo (54.462 Tm.), Gerona (22.905 Tm.), Córdoba (3.156 Tm.), Guipúzcoa (1.557 Tm.) y Vizcaya (38 Tm.)

En Oviedo se presentan la fluorina en filones, rellenando las fracturas de la caliza carbonífera del Dianantiense, resultantes de la tectónica alpina. En Osor (Gerona), aparece en filones resultado de grietas tectónicas, acompañada de galena, blenda, barita y calcita. Encajan en neises más o menos metamorfozados por las soluciones magmáticas hidrotermales, que originaron la mineralización de los filones.

F O S F O R I T A

Producción: 393 Tm.

La única provincia en actividad fue Cáceres, y la producción se obtuvo de las labores de conservación y preparación de la mina de Aldea Moret.

En las provincias de Cáceres y Toledo, la fosforita se presenta generalmente en filones relacionados con intrusiones graníticas hercinianas. Estos criaderos tuvieron alguna importancia en tiempos pasados y los más trabajados fueron los de Logrosán (Cáceres) y el citado de Aldea Moret, que encajan, respectivamente, en pizarras y en el contacto de pizarras y calizas cambrianas.

G R A F I T O

Producción: 415 Tm. (240 Tm. de C.)

La producción corresponde íntegra a las minas de Guadamur, en la provincia de Toledo.

En estas minas, el grafito se presenta en bolsadas dentro de filones, encajando en el contacto de granito descompuesto y pizarras neísicas.

En el siglo pasado fueron famosas las minas de Benahavis (Málaga), con grafito de excelente calidad, que se presentaba en bolsadas dentro de las peridotitas de la Serranía de Ronda (Málaga).

G R A N A T E

Producción: 219 Tm.

La producción se obtuvo íntegra en la provincia de Almería de los neises de Nijar.

En la misma provincia se ha trabajado en otros tiempos en las andesitas del Cabo de Gata. Abunda también en las calizas cambrianas metamorfozadas al contacto del granito de la provincia de Badajoz.

L I T E R I O

Sin producción.

Son conocidas de antiguo y han trabajado esporádicamente las minas de Valdeflores (Cáceres), con filones estrechos de ambligonita y cuarzo, encajando en pizarras silurianas. También se trabajó la ambligonita en Barquilla (Salamanca), donde se presenta asociada a la casiterita en pegmatitas que arman en pizarras cambrianas.

Se encuentra en preparación el criadero de Lalin (Pontevedra), formado por pegmatitas subverticales de espodumena con varios metros de potencia y kilómetros de corrida, encajando en pizarras cristalinas y neises de dos micas.

M A G N E S I T A

Producción: 40.432 Tm. (23.678 Tm. de MgO).

Navarra (21.415 Tm.), Madrid (2.100 Tm.), y Oviedo (163 Tm.).

En Eugui (Navarra) la magnesita se presenta en capas de hasta 40 y más metros de potencia, encajadas en calizas carboníferas del Namuriense.

En El Escorial y Navas del Rey (Madrid), aparece en filones de unos 6 Km. de corrida, verticales en el primer sitio citado y pseudo-horizontales en el segundo, encajando en calizas metamórficas probablemente cambrianas, envueltas por neis.

M A N G A N E S O

Producción: 40.750 Tm. (13.644 Tm. de Mn.)

Huelva (9.644 Tm.), Ciudad Real (2.728 Tm.), Gerona (692 Tm.), Huesca (195 Tm.), Oviedo (179 Tm.), Teruel (129 Tm.), Burgos (73 Tm.) y Salamanca (4 Tm.)

En Huelva los criaderos arman en pizarras silurianas y del Dianantiense con alineaciones E-O. Su génesis es hidrotermal y en relación más o menos próxima con las masas de pirita.

En Ciudad Real, los criaderos son sedimentarios y se presentan en forma de bolsadas de desarrollo horizontal, encajando en el relleno mioceno o postmioceno de los senos de las formaciones silurianas.

M E R C U R I O

Producción: 68.899 Tm. (2.197 Tm. de Hg.)

Ciudad Real (2.102 Tm.), León (20 Tm.) y Oviedo (5 Tm.)

La producción de la provincia de Ciudad Real corresponde íntegra a las famosas minas de Almadén, en que el cinabrio se presenta impregnando varios bancos de cuarcitas silurianas.

En los términos de Lena y Mieres (Oviedo) y en una fractura de unos treinta kilómetros de longitud del Westfaliense inferior, el cinabrio aparece íntimamente unido a la pirita arsenical en las areniscas, pizarras y calizas carboníferas.

M I C A

Producción: 1 Tm.

La producción fue suministrada por una mina de la provincia de Salamanca.

En la última postguerra, se trabajó la mica en diferentes sitios, principalmente en las pegmatitas de la Sierra Albarrana (Córdoba) y de la región occidental de España.

M O L I B D E N O

Sin producción.

La wulfenita se presenta en las provincias de Granada y Almería, en bolsadas dentro de la caliza triásica y asociada con galena y carbonatos de plomo. Ha sido objeto de explotación en las dos últimas postguerras mundiales, especialmente en Vélez de Benaudalla (Granada).

La molibdenita se ha trabajado esporádicamente en Salave (Oviedo), donde se presenta en filoncillos ramificados de cuarzo e impregnaciones en el contacto de granito metamorfizado en leucosienita, con cuarcitas y pizarras silurianas. También se ha encontrado en algunas pegmatitas trabajadas por estaño y volframio, especialmente en Lumbrales (Salamanca).

N Í Q U E L

Sin producción.

En la última postguerra se ha trabajado en la Serranía de Ronda (Málaga) y en Vimbodí (Tarragona). En la Serranía de Ronda, se presenta la niquelina en secreciones magmáticas en las peridotitas y serpentinas, asociadas con el cromo y también en forma de garnierita, resultado de laterización de los criaderos primarios.

En Vimbodí se encontró niquelina junto con barita y minerales de plomo, cinc y cobalto.

O R O

Producción: 718.499 Kg. de Au.

La producción corresponde a una extracción de 172.939 Tm. (474 kilogramos de Au.) de cuarzos auríferos en Rodalquilar (Almería), y el resto a las minas de Tharsis (Huelva).

En Rodalquilar el oro aparece en filones cuarcíferos, encajando en rocas traquiandesíticas.

En Tharsis se benefician monteras de las masas de pirita con un contenido medio de 3,7 gramos de oro y 44 gramos de plata por tonelada de zafra.

Se ha reconocido el oro en numerosos sitios y diferentes formaciones, aluviones de Cáceres, León, etc., filones de La Coruña, Toledo etc. y en las monteras de varias masas de pirita de la provincia de Huelva.

P I R I T A

Producción: 2.119.562 Tm.

La producción se compone de 1.810.496 Tm. de pirita de hierro, 309.066 Tm. de pirita ferrocobrita (con más de 1,5 por 100 de Cu.) procedentes de minas específicas de este mineral, y 143.610 Tm. de pirita de hierro procedentes de minerales complejos (GBP), de las provincias de Murcia y Santander.

Huelva (1.881.202 Tm.), Sevilla (94.750 Tm.), Murcia (79.951 Tm.) y Santander (63.659 Tm.)

Los yacimientos de pirita productivos, radican en su totalidad en las provincias de Huelva y Sevilla, por donde se alinean en una dirección general E.E.S.-O.ON., en masas encajadas en pizarras paleozoicas, generalmente en conexión con intrusiones porfídicas y otras rocas hipogénicas. Su origen parece ser hidrotermal metasomático. La potencia de las masas se mide por decenas de metros y ha alcanzado un máximo de alrededor de 200 metros en Riotinto y en La Zarza (Calañas).

Se pueden señalar las siguientes bandas de criaderos, reseñados de E. a O. y N. a S.:

San Platón (Zalamea la Real), Concepción, Esperanza y Cueva de la Mora (Almonaster la Real). Lomero Poyatos (Cortegana y El Cerro) Carpio (Cortegana) y San Telmo (El Cerro).

Castillo de las Guardas (id. Sevilla), Peña de Hierro (Nerva), Riotinto, La Zarza (Calañas) y La Joya (El Cerro).

Buitrón y Santa Rosa (Zalamea la Real), Sotiel Coronada y La Torerera

(Calañas), Tharsis y La Lapilla (Alosno), Herrerías y Cabezas del Pasto (Puebla de Guzmán).

Silillos y Cuchichón (Aznalcollar-Sevilla).

PLATA

Producción: 68.636 Kg. de Ag.

La producción de plata metal, se ha obtenido como subproducto metalúrgico de la galena, blenda y oro, sin que haya estado en actividad ninguna mina específica de minerales de plata.

Son famosas las antiguas minas de Hiendelaencina y Guadalcanal. En Hiendelaencina (Guadalajara), el campo filoniano se halla en un horizonte de neises amigdaloides y micáceos con alternancias de cuarzitas, con gran variedad de minerales de plata y ganga predominante de barita y cuarzo.

En Guadalcanal (Sevilla), arman los filones en pizarras cambrianas con multitud de especies argentíferas, desde la argentita a la pirita arsenical. Como ganga se encuentra cuarzo, barita y calcita.

PLOMO

Producción: 111.158 Tm. (70.099 Tm. de Pb).

La producción se compone de (36.665 Tm.) procedentes de minas específicas de plomo; (15.985 Tm.) del grupo GBP.; (9.393 Tm.) asociadas con blenda; (7.250 Tm.), con blenda y mineral de hierro y (806 Tm.), con espato-fluor y blenda.

Murcia (23.656 Tm.), Jaén (19.777 Tm.), Santander (8.267 Tm.), Ciudad Real (4.136 Tm.), Córdoba (3.257 Tm.), Almería (2.733 Tm.), Granada (1.752 Tm.), Badajoz (1.694 Tm.), Tarragona (1.602 Tm.), Lérida (1.391 Tm.), Gerona (674 Tm.), Navarra (466 Tm.), Vizcaya (333 Tm.), Guipúzcoa (158 Tm.), Barcelona (116 Tm.), Sevilla (45 Tm.), Cáceres (23 Tm.), Salamanca (16 Tm.), Huelva (2 Tm.) y Madrid (1 Tm.).

En la provincia de Murcia, las 23.656 Tm. de plomo contenido se reparten en 7.954 del grupo Pb, Zn., 7.871 del grupo GBP.; 7.250 del grupo galena Fe., y 941 de minas específicas de plomo. La Sierra de Cartagena, de complicadísima geología y metalogenia, es la zona por excelencia de los minerales complejos. Los criaderos encajan en rocas hipogénicas (manto de Azules, traquitas de «Cabezo Rajado»), pizarras del estrato cristalino (Barrancos Francés y de Mendoza), calizas triásicas (El Gorguel) y areniscas y conglomerados miocenos (Cabezo de Ponce-El Llano). La zona de Mazarrón, como las de Cabo de Gata y Almagrera, de la provincia de Almería, comprende filones de galena argentífera, modernos, que arman en traquitas.

En Jaén, los criaderos de Linares-La Carolina, consisten en una red filoniana de origen hidrotermal, resultante de la orogenia herciniana. Los filones encajan en granito y pizarras paleozoicas, desde el Siluriano inferior al Culm. Los criaderos se extienden por toda Sierra Morena y continúan por las provincias de Ciudad Real, Córdoba y Badajoz.

En Sierra Gador, de Almería, y Sierra Lujar, de Granada, los criaderos más importantes se encuentran en las calizas triásicas y son de origen metasomático.

En Santander, el criadero más importante es el de Reocín-Mercadilla, complejo de galena-blenda-pirita.

En Tarragona, las minas del Priorato, en Bellmunt, son de formación filoniana, encajando en pizarras silurianas y pórfidos.

En Lérida, región de Vilaller, la producción proviene de filones de galena antimonial argentífera, encajados en granito anfibólico.

POTASA

Producción: 1.196.171 Tm. (241.570 Tm. de K₂O).

La producción corresponde íntegra a la provincia de Barcelona. Los yacimientos se presentan en la base del Oligoceno, apareciendo en líneas generales de abajo arriba: bancos de anhidrita, yeso y caliza, de 4 a 8 metros, de potencia; sal 200 m.; silvinita 8 a 10 m. y carnalita 30 a 50 m. Las capas forman pliegues paralelos, que les han acercado a la superficie en Carcena, Suria y Sallent-Balsareny.

Su origen parece debido a la cristalización de las sales contenidas en aguas marinas lagunares, con cambios debidos a presiones estáticas y dinámicas y movimientos ascendentes por capilaridad, de aguas liberadas.

En la misma formación geológica, se encuentra el importante yacimiento de Navarra (Tafalla y Pamplona), actualmente en preparación para su puesta en explotación.

SODIO (CLORURO)

Producción: 1.350.905 Tm.

La producción se compone de 559.125 Tm. de sal gema, 17.654 Tm. obtenidas de manantial y 774.126 Tm. de sal marina. Excluida ésta, las 576.779 Tm. restantes se obtuvieron en las siguientes provincias:

Santander (512.056 Tm.), Zaragoza (13.209 Tm.), Guadalajara (5.931 Tm.), Alicante (4.299 Tm.), Murcia (4.250 Tm.), Lérida (1.800 Tm.), Albacete (1.557 Tm.), Granada (1.372 Tm.), Alava (1.200 Tm.), Huesca (113 Tm.),

Soria (356 Tm.), Valencia (197 Tm.), Cuenca (75 Tm.), Burgos (41 Tm.), y Sevilla (23 Tm.).

La mayor parte de las salinas terrestres se encuentran en las margas del Keuper, reconociéndose también en el Cretáceo con afloramientos ofíticos próximos, Oligoceno y Mioceno.

SODIO (SULFATO)

Producción: 25.831 Tm. (17.341 Tm. de SO_4Na_2).

Toledo (15.679 Tm.), Burgos (1.596 Tm.) y Madrid (75 Tm.).

Las minas de la provincia de Toledo (Villarrubia de Santiago) y las de Madrid (Cienpuzuelos), figuran como productoras de thenardita, y la de Burgos (Cerezo de Río Tirón) de glauberita.

Los criaderos se presentan en las cuencas terciarias del Tajo y Ebro, encajando en el Mioceno entre margas y yesos. Son de origen químico, resultando la glauberita de la evaporación y cristalización de las aguas lagunares. Cuando la glauberita se ha depositado sobre bancos de sal gema, las aguas descendentes disolvieron el sulfato sódico y lo precipitaron al contacto de la sal, a la par que disolvieron el cloruro sódico, dando lugar a los depósitos de thenardita.

TALCO

Producción: 27.815 Tm.

Gerona (11.835 Tm.), León (11.250 Tm.), Almería (4.820 Tm.), Murcia (313 Tm.) y Málaga (47 Tm.).

En Massanet de Cabrenys (Gerona), se presenta el talco en grandes bolsadas dentro del granito.

En Lillo (León), aparece como resultado de la talquización de las dolomías carboníferas y en corridas irregulares, casi verticales, en los contactos anormales de las dolomías dinantienses con cuarcitas y pizarras silurianas.

TÁNTALO Y NIOBIO

Sin producción.

Aparecen numerosos indicios en las pegmatitas del NO. de la Península que están frecuentemente asociados con la casiterita.

Han sido objeto de explotación esporádica algunas minas en las provincias de Orense (Verín), La Coruña (Boiro) y Pontevedra (Sangenjo).

TITANIO

Producción: 7.360 Tm. (3;663 de TiO_2).

Esta producción se compone de (3.520 Tm.) procedentes de minas específicas de titanio: (121 Tm.) de minas de estaño y (22 Tm.) de minas de estaño y volframio.

La Coruña (3.474 Tm.), Huelva (188 Tm.) y Salamanca (1 Tm.).

Casi toda la producción corresponde a ilmenita, la cual, junto con el rutilo, se beneficia en playas y otros depósitos aluviales y también como subproducto de la concentración de la casiterita de los filones pegmatíticos.

TRÍPOLI

Producción: 10.488 Tm. (6.375 Tm. de SiO_2).

Albacete (3.316) y Jaén (3.059 Tm.).

En Albacete (Elche de la Sierra y Lietor), se presenta el tripoli en capas de espesores de hasta 4 m., intercaladas entre bancos de caliza infracretácea.

En Jaén aparece el tripoli en capas de diferente espesor en varios niveles estratigráficos (Infracretáceo, Eoceno inferior y Mioceno).

URANIO

Se trabaja actualmente en las provincias de Salamanca, Cáceres, Badajoz, Jaén y Córdoba.

En Salamanca, existen dos zonas diferentes, una de impregnación en pizarras cambrianas, y otra filoniana, con asociaciones de hierro y en algún caso, como en Valdemascaño (Hinojosa del Duero), con blenda, pirita y galena.

En Cáceres (Albalat, Casas de Don Antonio, Torremocha), los filones arman en granito porfídico. Los minerales son autunita y pechblenda fundamentalmente, con acompañamiento de fosfatos, óxido de Mn y Fe, pirita y cuarzo; ha aparecido pechblenda a poca profundidad en Los Ratones (Albalat).

En Badajoz (Alburquerque), los filones tienen análogas características a los de Cáceres. En Monesterio, el filón arma en neiss y la pechblenda, único mineral de uranio, va acompañada de grafito y calcita.

En Jaén (Andújar), el uranio se encuentra en filones que arman gene-

ralmente en granito porfídico. La asociación con los minerales de uranio, pechblenda, torbernita, etc., es el cobre.

En Córdoba (Cardena), los filones de uranio tienen como asociación más importante, el hierro. En Hornachuelos, las formaciones son pegmatíticas y los principales minerales hallados fueron uraninita y brannerita.

VANADIO

Sin producción.

Se trabajó en Azuaga y Villalba (Badajoz), donde se presentaba la vanadinita, con galena y cerusita en la parte alta de los filones, armando en pizarras paleozoicas. También se acusó su presencia en varias de las minas de wulfenita de las provincias de Granada y Almería.

VERMICULITA

Sin producción.

Se ha venido trabajando en filones de plagioplitas, que atraviesan las peridotitas de la Serranía de Ronda (Málaga). También se presenta con diques de anfíbolita y rocas verdes, dentro del granito de Bargaños (Badajoz).

VOLFRAMIO

Producción: 716 Tm. (465 Tm. de WO_3).

La producción se compone de 102 Tm. procedentes de minas específicas de volframio y 363 Tm. de minas de volframio y estaño.

La Coruña (202 Tm.), Pontevedra (81 Tm.), Orense (63 Tm.), Salamanca (53 Tm.), Oviedo (42 Tm.), Badajoz (9 Tm.), Córdoba (8 Tm.) y Cáceres (7 Tm.).

Los criaderos más importantes se encuentran en la pegmatitas de la región occidental de España (Galicia, Salamanca y Extremadura), continuación de los de Portugal y alineados según las directrices de las líneas tectónicas hercinianas, con una formación análoga a los de estaño. Los criaderos secundarios procedentes de la disgregación y sedimentación de los primarios, tienen por lo general muy pequeño volumen, aunque algunas veces excepcional riqueza y se encuentran muy próximos a aquéllos.

ANTONIO DUE ROJO, S. I.
Director del Observatorio de Cartuja (Granada)

GEOLOGÍA NÓRDICA

RESUMEN

Con ocasión del XXI Congreso Internacional de Geología, celebrado en Copenhague del 15 al 25 de agosto de 1960, una de las revistas del Instituto Geológico Americano ha publicado una serie de artículos en que se hace una reseña de las condiciones geológicas y la labor científica de los geólogos de los países nórdicos; la mayor parte de su interesante contenido se recoge aquí sumariamente.

SUMMARY

On occasion of the XXI International Geological Congress in Copenhague, august 15-25, 1960, a series of five articles on the geology and geologists of the Nordic countries has been published in GeoTimes, a news monthly magazine of the geological sciences, issued by the American Geological Institute; most of its interesting content is here summarized.

Con el fin de hacer más familiar a los futuros participantes en el XXI Congreso Internacional de Geología (Copenhague, 15-25 de agosto de 1960) el ambiente científico de los países escandinavos, que tendrían ocasión de visitar, la revista GeoTimes, del Instituto Geológico Americano, dedicó una interesante serie de reseñas a presentar los rasgos más salientes, así del terreno como de las personas, en los números comprendidos entre los meses de octubre de 1959 y abril de 1960; tal es el único fin de esos artículos, como también el nuestro, sin pretender dar una idea completa de cada materia.

DINAMARCA

La relativa escasez de recursos mineros, explica el hecho de no haber un número absolutamente grande de geólogos en la actualidad; a pesar de ello, y aunque el país es pequeño en extensión, el indudable interés por esta ciencia

nace en parte de que la isla mayor del mundo, Groenlandia, con sus apasionantes problemas geológicos, pertenece a su territorio nacional.

En la historia de la geología danesa, el nombre más insigne es el de Nicolás Estenón (Niels Stensen = Nicolaus Steno, 1638-1686), autor de notables descubrimientos en el campo de la anatomía, en el conocimiento de la verdadera naturaleza de los fósiles, de los principios de la estratigrafía y de las leyes del crecimiento de los cristales, particularmente en cuanto a la constancia de los ángulos interfaciales. Sus ideas fundamentales en Geología, que parecen modernas aun al geólogo de hoy, fueron expuestas entre los años 1667 y 1669 durante su estancia en la Corte del gran duque Federico II, en Florencia; allí se publicó su «Pródromo a la disertación sobre los cuerpos sólidos contenidos en otros sólidos». La disertación a que alude no llegó a escribirse nunca, pero en esta especie de prólogo se encierran tan valiosas observaciones, fruto de sus viajes y exploraciones por Italia, que ellas solas constituyen una obra de gran mérito, cuyo verdadero título debería ser: «Principios de geología».

Esto sucedía en tiempos en que los fósiles y cristales eran considerados como monstruosidades o caprichos de la naturaleza, producidos bajo misteriosos influjos de los astros o de otras fuerzas extraterrestres. En realidad, este ingenioso autor se adelantó muy lejos a todos sus contemporáneos; pero éstos no supieron hacerle justicia y sus doctrinas fueron en parte rechazadas hasta caer pronto en el olvido, pues aquella época no estaba todavía madura para sus originales puntos de vista.

A principios del siglo XIX, cuando ya la Geología se había desarrollado como ciencia generalmente apreciada, Humboldt y Beaumont tuvieron ocasión de redescubrir a Stensen, y en el II Congreso Geológico Internacional (Bolonía, 1881), se le dedicó una elogiosa lápida en la iglesia de San Lorenzo de dicha ciudad, donde está sepultado. Precisamente a comienzos de ese mismo siglo comenzó en Dinamarca la investigación geológica sistemática bajo la dirección de J. G. Forschhammer, profesor de Mineralogía y Geognosia en la universidad de Copenhague, y se publicó la primera obra de este género en 1835.

La Inspección Geológica de Dinamarca, fundada en 1888, incluyó preferentemente en sus programas de estudio la investigación del Cuaternario; porque el país ocupa un lugar estratégico, geológicamente considerado, entre la alta base del Precámbrico en el escudo fenoscándico al Norte y las cuencas sedimentarias europeas al Sur, y está en su mayor parte cubierto por una capa de aluviones glaciales relativamente gruesa; su estratigrafía, la historia de la vegetación y el proceso climatológico, juntamente con el contenido fósil de los depósitos marinos interglacial y posglacial, han sido objeto de discusión, y los trabajos de este tipo publicados en Dinamarca forman una abundante bibliografía.

Entre los métodos empleados, merecen especial mención el estudio estadístico de los tipos especiales de bloques erráticos como indicadores, y a base de su distribución cuantitativa se han podido tratar los principales problemas de las glaciaciones del Pleistoceno, ilustrando así los caminos de migración de los hielos; igualmente, el estudio de la geomorfología de los depósitos glaciales ha contribuido ventajosamente a la inteligencia de la historia de las mismas glaciaciones.

La colaboración entre arqueólogos, zoólogos, botánicos y geólogos en la investigación del hombre prehistórico, había dado ya resultados importantes para la historia de la flora, mediante la exploración de los depósitos pantanosos, trabajos que fueron continuados en los demás países escandinavos y que finalmente dieron origen al desarrollo del método analítico del poien por L. von Post, en Suecia. Este análisis fue inmediatamente aplicado con buen éxito a los depósitos daneses, y se emplea hoy en muchos laboratorios nacionales, donde ha sido perfeccionado hasta obtener gran exactitud; combinado con la datación por medio del C 14, se ha convertido en un instrumento extraordinariamente útil para la estratigrafía.

En Paleontología, los ricos yacimientos fosilíferos de Bornholm del Paleozoico y Mesozoico, excitaron el interés científico y dieron lugar a la publicación de numerosas monografías. El gran número de pozos para agua perforados en el país, dio ocasión a que los geólogos se pusieran de acuerdo con los técnicos en esta materia, y mediante el análisis de los materiales extraídos, obtuvieron valiosos datos para reconstruir el proceso de las formaciones anteriores al Pleistoceno. Hasta tal punto ha resultado provechosa semejante colaboración, que en 1826 se promulgó una ley por el Parlamento haciéndola obligatoria, con beneficio de todos, ya que el archivo de tales aportaciones correspondientes a unos 80.000 pozos, que se conserva en la Inspección Geológica, puede ser consultado útilmente, así por los geólogos como por los técnicos en el abastecimiento de agua y en otras ramas de la Geología económica.

Otro tanto se ha hecho con las perforaciones petrolíferas que se vienen practicando ininterrumpidamente desde 1937. La mayor parte del territorio fue una cuenca sedimentaria durante el final del Paleozoico y en el Mesozoico y Cenozoico, de tal suerte que en el transcurso de las edades geológicas fue alternando el carácter marino con el continental.

Las exploraciones geológicas en Groenlandia comenzaron a principios del siglo pasado, en que el alemán Gieseke estudió el primero los yacimientos de criolita de Ivitgut en la costa occidental; pero no obtuvieron subvención oficial hasta 1875, cuando éste y otros depósitos minerales atrajeron la atención pública, a pesar de las dificultades inherentes a la empresa; a veces los hielos bloqueaban las regiones costeras, y los expedicionarios se veían obligados a invernar dos veces seguidas. Después de la segunda guerra mundial

se localizaron en Mestersvig minerales de sulfuros de zinc y plomo, y más recientemente de molibdeno, aunque este último todavía no se ha logrado estimar adecuadamente, y la campaña continúa al presente: con esta ocasión se han hecho dataciones absolutas, que han dado para la criolita una antigüedad del orden de los 600 millones de años.

La Sociedad Geológica de Dinamarca tiene unos 430 miembros, de los que 370 son daneses y 60 de ellos geólogos profesionales; no pocos trabajos de carácter general se han llevado a cabo acerca de la provincia basáltica terciaria del Atlántico Norte, que ocupa una parte del W. y E. de Groenlandia, las Feroe y algunas regiones de Escocia; en el continente, además de los problemas indicados, desempeña un papel importante en el orden práctico el del mapa geohidrológico, ya que las aguas subterráneas son el principal recurso nacional de esta clase; en cuanto al Mapa geológico de Groenlandia, bien entendido que se limitará a las partes libres de hielo, se calcula que no podrá estar terminado antes de cincuenta años; pero los trabajos avanzan, y recientemente se terminó a escala de 1:250.000 el área comprendida entre los paralelos 72-77 N., en la región oriental. Los hasta ahora publicados incluyen abundancia de pormenores sobre formaciones sedimentarias, estructuras y metamorfismos.

Resultaron de interés general los descubrimientos de crossopterigios y otros vertebrados fósiles en los terrenos devónico y cotriásico groenlandeses, que han contribuido al conocimiento de la división sistemática de los vertebrados en cuanto al tránsito de los peces a los reptiles. No se añaden aquí datos sobre los sondeos sísmicos en la gran masa de hielo de Groenlandia central, por haberse hecho ya en estas páginas en reseñas anteriores.

NORUEGA

En una nación donde la altitud media del terreno es de 500 metros, con montañas que llegan a los 2.500, y donde la mayor parte ha sufrido una violentísima y reciente erosión glacial, que ha dejado al descubierto las rocas, era natural que la Geología tuviese la preferencia en el estudio de las ciencias naturales. Y en efecto, la primera Universidad noruega, fundada en 1814, lo fue sobre la base del Seminario de Minas de Kongsberg que existía ya en 1756; y los geólogos de este país han contribuido con valiosas aportaciones al progreso general de esta ciencia. La Sociedad Geológica Noruega cuenta hoy con 250 miembros, 70 de los cuales son profesionales activos en Entidades oficiales o semioficiales; pocos son los que se dedican a la industria minera, porque ésta se halla muy dividida en Empresas independientes, que cuentan con sus propios técnicos.

Por lo demás, no es la minería la principal riqueza del país, aunque tiene hierro suficiente para sus necesidades y no le faltan yacimientos de minerales

modernamente útiles. Las Universidades de Oslo y Bergen, a cuyos Museos e Institutos geológicos hay que añadir los de Trondheim y Tromsøe, tienen una dotación competente y relativamente numerosa: hay que tener en cuenta que aunque la extensión superficial del país es algo mayor que la de las Islas Británicas, su población no es más que de 3,5 millones. Todo este personal científico ha tenido, con ocasión del Congreso del año pasado, una excepcional sobrecarga de trabajo, preparando convenientemente 15 excursiones antes de las sesiones y otras 13 después; a la publicación en 1953 en noruego, del extenso tratado sobre Geología nacional (1.100 páginas con dos grandes mapas), del profesor Olaf Holtedahl, añadió ahora éste una edición más breve en inglés, con la colaboración de varios especialistas, a la que acompañaba una nuevo Mapa geológico revisado, a escala de 1:1.000.000.

La Sociedad antes citada publica trimestralmente su Boletín, que actualmente va por el año 49, y la Entidad oficial de inspección geológica una serie de monografías, la última de las cuales lleva el número 210; otros cuarios de la Academia de Ciencias o de Universidades y Museos, contienen asimismo trabajos de esta materia.

Ya en el siglo pasado, tuvo Noruega geólogos notables, que se adelantaron mucho a su tiempo en la apreciación clarividente de estos problemas científicos, especialmente en la investigación de los procesos metamórficos y metasomáticos: la idea de que Noruega había estado un tiempo cubierta de hielo fue propuesta por un geólogo de la Universidad hace 135 años; y en la actualidad, la inevitable escasez de profesionales en la exploración de tan dilatada extensión, llena de interés geológico, se suple con la organización de cursos de verano, donde profesores y estudiantes desarrollan una fecunda labor.

El gran plegamiento caledoniano, origen de la columna vertebral montañosa de la Península escandinava, que domina de Norte a Sur todo el territorio, ha influenciado y modificado los terrenos rocosos precámbrico, eocámbrico, cambrosilúrico y devónico; de semejante perturbación solamente quedaron libres algunas porciones del SW. y del N. Dentro de las áreas precámbricas, los contornos del sistema estratigráfico son todavía visibles en las partes menos sujetas al metamorfismo; pero donde éste ha sido más activo, se han podido estudiar con provecho y con valiosas aportaciones a no pocos problemas petrográficos. En las capas sedimentarias eocámbricas del Norte y Sur, con tillitas depositadas sobre la base glacial, se encuentran los estratos fosilíferos cambrosilúricos; después de la segunda guerra mundial se inició un programa especial: «El Ordovicense medio de la región de Oslo», en cuya realización se han obtenido ya nuevos e interesante resultados.

El vulcanismo pérmico y las rocas subvolcánicas de esta misma región, han sido considerados desde tiempos antiguos como lo más típico de la geología

noruega, y su estudio continúa en la actualidad, con nuevas series de publicaciones, donde se insiste particularmente en el aspecto mineralógico y petrográfico. Las rocas triásicojurásicas y terciarias escasean mucho o faltan por completo en la península, pero están bien representadas en Spitzberg.

De la era terciaria datan los contornos presentes, como lo muestran las líneas de fractura a lo largo de la costa y el estudio del relieve submarino. Los valles en forma de U y los fiords, juntamente con las extensas morrenas terminales, bloques erráticos y playas levantadas, son abundantes y elocuentes testimonios de la actividad característica de las épocas glaciales y posglaciales, a las que los investigadores noruegos han dedicado atención preferente. La historia de la deglaciación desde las áreas costeras hasta las altas montañas, ha sido objeto últimamente de exploración por los métodos más modernos, y se ha hecho una colección de Mapas geológicos cuaternarios, que cubren una gran parte de la región SW.; asimismo ha progresado mucho el estudio, tan necesario en este accidentado país, del proceso y problema de los corrimientos de tierras.

SUECIA

Para uso de los miembros del Congreso Geológico de 1910, se hizo una emisión especial filatélica sueca, para que con el nuevo sello pudiesen franquear su correspondencia: representaba una formación típica del país en el archipiélago de Estocolmo, con la inscripción: «Geologorum conventus 1910.—Resurgunt ex undis glaci striata saxa» (Vuelven a salir de las ondas las rocas, estriadas por el hielo); alusión a uno de los caracteres propios de estos terrenos: el lecho rocoso precámbrico, rayado por el hielo del Pleistoceno y últimamente elevado de nuevo por resurgimiento posglacial.

Como Suecia forma parte del antiguo escudo del Norte de Europa, sus rocas superficiales son predominantemente precámbricas, y en su mayor parte han pasado al menos por un período de orogénesis, con plegamientos, intrusiones y metamorfismos; su estudio, no poco embarazado por los aluviones que lo cubren, ha seguido en este país la misma línea que en otros semejantes: desenredar el enmarañado ovillo stratigráfico y estructural, a fin de establecer y determinar los acontecimientos geológicos principales y sus edades respectivas; hasta ahora se han hecho muy escasas dataciones absolutas, pero hay fundadas esperanzas de que en breve sea posible fijar una escala de tiempos prácticamente útil.

No hay que olvidar que la mayor parte de los minerales de hierro y de sulfuros son del Precámbrico y, por tanto, su estudio, así en la interpretación de la genética de los yacimientos como de su compleja deformación, está íntimamente relacionado con los problemas generales del Precámbrico sobre el cual descansan en algunas partes los restos de la erosión que han sufrido

los sedimentos del Paleozoico inferior. De esas rocas están formadas las islas de Oland y Gotland en el Báltico, y durante unos dos siglos la investigación de tales secuencias sedimentarias ha sido el objeto más importante de las ciencias geológicas en Suecia. Recientemente se ha despertado especial interés por las pizarras bituminosas del Cámbrico y su contenido de uranio, escaso, aunque en distribución regular, así por razones prácticas como por la posibilidad de obtener de este modo dataciones absolutas de un horizonte stratigráfico bien definido.

En cuanto al estudio del Cuaternario, las principales materias de investigación, son: las huellas de la retirada de la última glaciación, cronológicamente consideradas; los cambios de nivel posglaciales con sus notables interferencias entre la elevación de las tierras y las alteraciones eustáticas en el nivel del mar, y la reconstrucción de la historia de tales procesos, particularmente en el modo como ha quedado registrada por la vegetación subfósil. Aquí los trabajos de L. von Post de análisis de polen han desempeñado un papel principal y han contribuido mucho a determinar fechas posteriores, combinando este procedimiento con el del C14; por otra parte, el estudio de los depósitos cuaternarios es de extraordinaria trascendencia práctica, como base del desarrollo agrícola y forestal, de la obtención de materias primas diversas, aguas subterráneas, etc.

Siendo tan baja en Suecia la densidad de población, no es de extrañar que sea escaso en absoluto el número de sus geólogos militantes, en comparación con lo extenso del territorio. La más importante sociedad geológica, que tiene su sede en la capital, se fundó en 1871 y tiene unos 400 miembros, la cuarta parte de los cuales tiene esta ciencia como primordial actividad profesional; la entidad gubernativa es más antigua y acaba de celebrar en 1958 su primer centenario; más recientemente se han formado otras instituciones dedicadas en parte al estudio del Cuaternario bajo el punto de vista práctico de la Ingeniería, un Instituto geotectónico y una Sección geológica de la Escuelas de Caminos.

Las Universidades de Uppsala, Lund y Estocolmo tienen cada una dos cátedras de Geología, una dedicada a la Mineralogía, Petrología y Geología especial de rocas duras, y otra a Geología histórica y Paleontología; en todas ellas, hay un profesor adjunto para cuestiones del Cuaternario. Otras cátedras en institutos tecnológicos y escuelas especiales completan este cuadro. Varias Empresas emplean técnicos en Geología para fines industriales, y entre estas tendencias de orden práctico merecen especial mención los métodos de prospección para sulfuros, sobre todo de cobre, notablemente estimulados por la crisis que provocó la primera guerra mundial, en que el país se vio aislado del comercio exterior, a diferencia del mineral de hierro, siempre abundante. De aquí que los métodos eléctricos de prospección de sulfuros adquiriesen un rápido desarrollo en los años siguientes y se organizaran activas

campanas, que en la actualidad continúan a un ritmo acelerado, con resultados altamente satisfactorios para la economía nacional.

Otros trabajos de geología práctica, intensificados principalmente después de la segunda guerra, han sido requeridos para la construcción de grandes subterráneos para diversos usos industriales y estratégicos, tales como estaciones y túneles de empresas hidroeléctricas, refugios antiatómicos, presas en los ríos y regulación del nivel de los lagos, con todos los problemas anejos a los riesgos de erosión en las orillas mal consolidadas, corrimientos de tierras en arcillas cuaternarias y cambios de condiciones en las aguas subterráneas.

FINLANDIA

La tradición minera finlandesa se remonta a tiempos muy remotos, y la primera mina de hierro en el Precámbrico se abrió en 1540; se siguieron otras, pero nunca llegaron a abastecer suficientemente las necesidades del país. Cuando Finlandia se separó de Suecia, de donde solía importar estos minerales, la industria temió verse privada de materias primas; con esta ocasión se fundó pocos años después el Departamento de Minas, cuyo primer director, el famoso Nils Nordenskiöld, promovió activamente la prospección; y aunque así no llegó a resolverse la crisis, al menos sirvió la lección para comprender la indispensable necesidad de los estudios geológicos.

Una nueva era comenzó con el descubrimiento del yacimiento de cobre abundante y rico de Outokumpu, que vino a ser durante mucho tiempo la más productiva mina de Europa; los obreros del canal de Kivisalmi hallaron un bloque errático de este mineral a cincuenta y cinco kilómetros del depósito natural, y gracias a la investigación básica precedente sobre la marcha de los glaciares fue posible localizarlo. A este hallazgo siguieron otros de varios minerales útiles y contribuyeron al desarrollo de la industria minera nacional; los campesinos, autores de tales descubrimientos, fueron estimulados con éxito al envío de muestras a la entidad geológica oficial, y en los últimos años, la prospección moderna extendió notablemente la amplitud de las explotaciones; y aunque este mismo progreso técnico agotó rápidamente no pocos yacimientos, las perspectivas son optimistas y se esperan confiadamente futuros descubrimientos: unos diez yacimientos se han encontrado por estos métodos desde 1937; entre los mayores están los de zinc, cobre y piritas de Vihanti y Pihalsalmi en Ostrobotnia, y los de cobre y níquel de Kotahiti, y de hierro, titanio y vanadio en Otanmaeki, cerca del lago Oulujärvi.

Modernamente se han realizado interesantes trabajos de datación sobre minerales svecofénicos, primero por los métodos del K y A, y después por otros procedimientos, que han permitido reconstruir antiguos procesos de re-

generación y granitización debidos a la orogénesis. Las edades obtenidas oscilan entre los 1.800 y los 2.500 millones de años.

ISLANDIA

El calor natural en sus diversas formas y en pintoresco contraste con los hielos, es uno de los principales caracteres geológicos de la isla, que se manifiesta de muy variados modos; las temperaturas de sus fuentes cubren una dilatada gama, desde la normal de otras aguas subterráneas hasta la del vapor sobrecalentado, y su cuantía desde una casi imperceptible velocidad de salida hasta un flujo de 13.500 a 23.000 litros por minuto. Sin conexión probable con el vulcanismo reciente, aunque sea más frecuente en áreas de mayor actividad pleistocena y posglacial, este agua caliente no es más que la ordinaria del subsuelo, que a través de grietas tectónicas y capas permeables de diferente profundidad, trae sencillamente a la superficie en sitios muy delimitados el calor más interno; según han mostrado algunas perforaciones, al menos en el SW. de la isla, el gradiente térmico es tres veces más alto que el continental de Europa y América. Los terrenos terciarios del W. y NW. son los de la máxima actividad térmica, al paso que escasean las fuentes termales en las series terciarias del E.; de los comienzos de esta era son casi todas las formaciones geológicas más antiguas de toda la región.

En las últimas décadas, la energía geotérmica se ha puesto en gran escala al servicio de la población; además de la capital, cuyos 50.000 habitantes gozan de calefacción natural gracias a oportunas perforaciones y canalizaciones de agua caliente, otros pueblos menores y hasta granjas aisladas, cercanas a los geisers, se aprovechan igualmente de este recurso. No se utiliza el agua tal como sale naturalmente al exterior, sino que se ha logrado sacarla pura, sin mezclas salinas y a temperaturas que al llegar a los grifos de la ciudad es de 75 a 80° C.; en el lugar de la explotación, de donde salen las tuberías térmicamente aisladas, procedentes de 13 perforaciones de diferente profundidad, apenas se ven señales de actividad; cada medio kilómetro hay sistemas de dobles juntas de dilatación, y las tuberías terminan en depósitos urbanos elevados, de donde se surten los edificios. Las instalaciones costaron 30 millones de coronas, y se gasta uno anual en su mantenimiento; para estas fechas debe de estar amortizado todo, pues se ha venido cobrando a precio de carbón a fin de poder alcanzar el ideal de un suministro casi gratuito. El resultado práctico es una ciudad sin humo, en que la fácil limpieza en todos los aspectos domésticos contribuye al bienestar general; para el abastecimiento de agua fría se utiliza una fuente abundante a diez kilómetros de la ciudad, situada al borde de un campo de lavas, que actúan de excelente filtro, hasta el punto de poder usarse en vez de agua destilada para las baterías de acumuladores.

Los volcanes islandeses son de casi todos los tipos conocidos; la forma típica es la de series lineales de conos y con copiosa efusión de lavas basálticas. Los estratos formados por sucesivas erupciones posglaciales y sus fechas respectivas se han podido estudiar fundándose en datos históricos y algunas mediante el C 14. Pocas regiones ofrecen tan excelentes oportunidades para investigar los procesos geomorfológicos: glaciario, erosión fluvial y aérea, cambios de clima y vegetación, etc. Se ha dicho con razón de sus campesinos, que jamás han leído un libro de geología, que tienen sobre estas materias unos conocimientos que les envidiarían los geólogos profesionales. Son muchos los que han visitado el país y nunca se han arrepentido de ello.

No es Islandia el único sitio donde el calor de las capas profundas de la corteza ha podido ser captado en condiciones económicas: una fábrica movida por energía geotérmica desde hace cincuenta años en Landareello, Italia y una serie de turbinas movidas por el mismo procedimiento, ha comenzado a suministrar electricidad a los neozelandeses de la región de Wairakei. Noticias de última hora indican que en la península de Kamchatka los rusos están desplegando una gran actividad para el aprovechamiento de gigantescos depósitos de agua caliente en aquel subsuelo; se dice que una fábrica de este tipo está en acción y varias otras en proyecto. Lo que durante más de un siglo fue un helado destierro de los antizaristas y luego de anticomunistas, promete ser, según un diario de Petropavlov de fecha reciente, el único lugar de la Tierra donde habrá corriente eléctrica y agua caliente gratis para todo el mundo. Se conjetura fundadamente que semejante empresa significa un avance decidido de la URSS en la técnica de las perforaciones a gran profundidad, y hasta se rumorea que en una región del NW. de Siberia se ha descubierto por estos medios un verdadero mar de agua caliente susceptible de parecido aprovechamiento, con la ventaja sobre Kamchatka, de que en esta península habrá que luchar con la inestabilidad propia de su alta sismicidad, así en número como en intensidad de sacudidas, a causa de pasar por ella la zona circumpacífica, mientras que en el otro extremo de Siberia no existe tal peligro; se ha llegado a afirmar que esta nueva perforación llegará a unos veinte kilómetros.

Noticias

SESION DE LA COMISION NACIONAL DE GEOLOGIA

El día **20** de marzo, se celebró Reunión Plenaria de la Comisión Nacional de Geología. Entre los temas tratados en la misma, figuran como más destacados el acuerdo del Consejo de Ministros de la adhesión de España a la Unión Geológica Internacional y la información que dió el Presidente, de la constitución definitiva de dicha Unión en la sesión que asistió en París. El otro punto interesante tratado, fue el referente a la organización del Congreso del Mediterráneo, que tendrá lugar en plazo próximo.

MAPA METALOGENICO DE EUROPA

Del **4** al **5** de abril último, se ha reunido en París la Comisión del Mapa Metalogénico del Mundo.

Entre los acuerdos tomados para la confección de este Mapa figuran:

1.º El fondo geotectónico del Mapa Tectónico de Europa a escala **1/2.500.000**, es según la Comisión, el más adaptado a los problemas planteados para el Mapa Metalogénico que se prepara. Será, pues, sin duda, necesario modificarlo y completarlo. Los documentos de trabajo a escala **1/1.000.000** existentes para cada país, deberán servir de punto de partida para su fondo modificado.

La escala definitiva para la realización del Mapa, se ha determinado ulteriormente, la **1/1.500.000** ó a **1/2.500.000**.

2.º Los mapas mostrarán el emplazamiento de los criaderos y eventualmente sus principales caracteres existentes en los numerosos países europeos a escalas variadas, datos necesarios para el establecimiento del Mapa Metalogénico, conforme a las recomendaciones de las Comisiones del Mapa Metalogénico del Mundo. La Comisión recomienda vivamente a los países que no disponen todavía de tales Mapas, el activar su preparación a escalas del orden de **1/500.000** y a **1/1.000.000**. La Comisión está a disposición de los países que lo deseen, para hacerles llegar la referencia de los Mapas y las leyendas existentes, y más generalmente para facilitar por contactos personales, los elementos estadísticos que remiten.

3.º El Mapa está limitado a los minerales de metales no féreos. Los yacimientos de hierro, minerales de la ganga (cuarzo, baritina, fluorina), etc., serán representados en la medida que éstos puedan constituir un elemento útil de comprensión de los fenómenos metalogénicos. Así el caolín o la alunita, por ejemplo, sólo serán indicados cuando son el resultado de una alteración hidrotermal.

4.º *Modalidades de representación.* Se prevé no utilizar símbolos, particulares de los yacimientos y representar sus metales por colores, y sus tipos de yacimiento por una trama particular si es posible; los otros caracteres, tales como alteración hidrotermal, paragénesis o geoquímica característica a la escala regional con figuras o abreviaciones.

5.º *El comienzo de realización.* La Comisión estima necesario, el proceder en diversas regiones a realizar ensayos, según sus normas generales, que podrán servir de base a discusiones ulteriores. En particular, se recomienda los siguientes:

El Macizo de Bohème. El Macizo armoricano-Cornouaille. El Macizo esquistoso hénan-Ardennes. Los Alpes Orientales o los Dinarides.

Convendría que los grupos que hicieran este ensayo, consignasen en el Mapa una definición provisional de los términos utilizados en la Leyenda.

LA CONSTITUCION EN PARIS DE LA UNION INTERNACIONAL DE CIENCIAS GEOLOGICAS.

De acuerdo con la convocatoria circulada por el Secretario del Congreso Geológico Internacional, los días 9 y 10 de mayo han tenido lugar en París, en la sede de la UNESCO, las reuniones para la constitución de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas.

Las sesiones estuvieron presididas por el Presidente del Congreso Geológico Internacional, actuando de Secretario también el del Congreso.

En la primera sesión se dió la relación de los países que habían acordado adherirse a la Unión, y los nombres de los delegados de cada uno de los países presentes, en número de 23.

Pasó a discutirse los estatutos, y el Delegado de Rusia expuso una larga serie de enmiendas a la mayoría de las bases. Otros países propusieron también algunas pocas enmiendas. Tras larga discusión, que tuvo lugar durante la sesión de la mañana y la de la tarde, se acordó aprobar el proyecto de estatutos presentado por la Comisión de Redacción, con la sola modificación propuesta por el Delegado ruso, de que se nombraran seis Vicepresidentes en vez de cuatro, a fin de que estuvieran representados en lo posible los distintos grupos de: Europa Occidental, Europa Oriental, América del Norte, América del Sur, África y Asia.

Respecto a las otras enmiendas se acordó, que a fin de que las distintas Comisiones Nacionales de Geología tuvieran tiempo de estudiarlas, tanto las ya presentadas como las nuevas sugerencias que se pudieran hacer, se les informara debidamente y se convocara una nueva reunión en un plazo no muy lejano, en la que se discutirían las modificaciones que se hubieran propuesto.

Para proponer en la última sesión los nombres de las personas que han de desempeñar los distintos cargos, se designa una Comisión constituida por Beliaevsky (U. R. S. S.), Lombard (Francia), Marmo (Finlandia) y Shaw (Guayana inglesa).

En la sesión del día 10, se somete a votación la propuesta de Presidente, que por acuerdo de 3 a 1 en la Comisión, recayó en Harrison (Canadá). Fue elegido por 18 votos contra 4 (Rusia, Polonia, Marruecos y Rumanía).

Por unanimidad, se nombró Secretario a Sorgenfrei (Secretario del Congreso Geológico) y Tesorero a Dons (Noruega).

Los seis Vicepresidentes propuestos y aceptados por unanimidad fueron, Gorsk (URSS), Hawkes (Inglaterra), Kobayashi (Japón), Iamego (Brasil), Lombard (en representación de África) y Roy (India), por ser el Presidente del Comité Organizador del próximo Congreso, que se ha de celebrar en la India.

Se acuerda también que para el año próximo, la unidad de cotización sea 150 dólares, y que se solicite al adhesión al Consejo Internacional de Uniones Científicas (I. C. S. U.), en la categoría de Unión General, a la que corresponden tres votos.

Rusia propuso un índice de temas científicos a tener en consideración, entre los que se consideró como de interés más inmediato la hidrogeología y los que se refieren a la génesis y concentración de minerales.

Acto seguido se levantó la sesión, dándose por constituida la Unión Internacional de Ciencias Geológicas.—A. A.

VISITA A LA ZONA DE EDJELEH EN EL SAHARA ARGELINO

La Régie Autonome des Pétroles ha tenido la atención de invitar a un grupo de geólogos franceses y españoles a visitar los campos petrolíferos que explota e investiga en la región de Edjeleh, así como el oleoducto y cargadero de la Sakhirra, en Túnez.

La expedición estuvo compuesta por los siguientes geólogos:

Casteras, de la Facultad de Ciencias de Toulouse.

Ciry, Decano de la Facultad de Ciencias de Dijon.

Gauthier, Decano de la Facultad de Ciencias de Lyon.

Michel, Director de Explotación de la R. A. P. y conductor de la excursión.

García Fuente, Ríos y Santafé, del I. N. I., y

Almela, del Instituto Geológico.

El día 3 de marzo se salió de París y Argel, para tomar en este aeropuerto otro avión, que los condujo a In Amenas, que constituye la actual base de operaciones, en donde se encuentra la actual central térmica y la estación de bombeo de la cabeza del oleoducto, a cincuenta y cinco kilómetros al NO. de Edjeleh.

Al día siguiente, se visitó en coche la estructura de Edjeleh, precioso anticlinal asimétrico en Carbonífero, de más de veinticinco kilómetros de longitud, con 126 pozos productivos, capaces de dar de 20 a 100 toneladas día, una producción anual de más de un millón de toneladas, y una reserva calculada de 105 millones de toneladas.

Existen dos niveles petrolíferos, uno en el Devoniano y otro en el Carbonífero.

Además, se ha encontrado gas a presión en dos sondeos, y como en algunos otros, el petróleo tiene poca presión, se están preparando estos sondeos para inyectar el gas en aquéllos en que el petróleo tiene poca presión, y facilitar su salida sin necesidad de bombeo.

Después de almorzar en la Maison Rouge y estudiar los testigos de los sondeos allí depositados, remontaron hacia el Norte el escarpe triásico de la serie de Zarzaitine y visitaron el campo de este nombre, situado a unos treinta kilómetros al este de In Amenas.

Se trata de un anticlinal orientado NO-SE, que arma en una serie arcilloso-dolomítica triásica, y que queda limitado por el SE. por una flexión o rotura orientada NE-SO.

Existen cuatro niveles petrolíferos, dos en el Carbonífero y dos en el Devoniano, de los que el más importante es el más profundo.

De los 73 pozos perforados en el momento de esta visita, 71 son productivos, con rendimientos que oscilan entre 100 y 500 toneladas día, y una producción anual de cerca de seis millones de toneladas. Las reservas de este campo se calculan en 235 millones de toneladas.

Con objeto de tener una visión de conjunto de las características geológicas de la región, al día siguiente se realizó un vuelo hacia el Sur, hasta llegar a los niveles silurianos, sobrevolando la estructura de Edjeleh y las de El Adeb Larache, Tiguentourine y La Reculée, que se encuentran actualmente en periodo de reconocimiento.

Después de visitar los depósitos de crudo de In Amenas y la estación de bombeo de la cabeza del oleoducto, hicieron en vuelo el recorrido de In Amenas a La Skirra (Túnez), siguiendo la línea del oleoducto, para visitar finalmente el depósito terminal y la instalación de carga para los petróleos.

El oleoducto, de 775 Km. de largo, con una tubería de 600 m/m., permite en la actualidad, con una sola estación de bombeo, transportar 21.000 m³ de petróleo al día, lo

que hace un consumo anual de unos 7.2 millones de toneladas. Los tanques actualmente existentes en el terminal de La Skhirra son 6 de 35.000 m³ y existen otros tres más en construcción.

Las instalaciones de carga de los barcos petroleros, permiten cargar simultáneamente dos barcos hasta 75.000 Tm. a un ritmo de 6.000 y 4.000 T. hora, respectivamente.—A. A.

EL CARBÓN EN ALEMANIA OCCIDENTAL

Durante el año 1960, se produjeron en Alemania Occidental, 142.300.000 toneladas de carbón, con un aumento de 600.000 con relación al año anterior. La producción por turno y mínimo fue de 2.057 Kgr., con un aumento de 216 con relación al año anterior.

La producción de lignito durante el mismo año fue de 95.660.000 toneladas, con un aumento de 2.230.000 con relación a 1959.

LA PRODUCCION EUROPEA DE CARBÓN

Durante el año 1960, la producción total de carbón, excluida la URSS., continuó el descenso iniciado en 1958, quedando en 590,2 millones de toneladas, mientras que en la Unión Soviética sigue el aumento, habiendo alcanzado la cifra de 513 millones de toneladas.

LA SIDERURGIA ESLOVACA

Hace poco más de un año, se iniciaron en Kos'ce (Kaschau), las obras para la construcción de la mayor planta siderúrgica de Europa, y una de las diez primeras del mundo. La producción principal será de chapas y planchas de acero, y el coste de las instalaciones se supone serán del orden de 90.000 millones de pesetas.

EL GAS NATURAL EN EUROPA

El gas natural está en plena progresión desde el punto de vista de aumento de sus aplicaciones, principalmente en los países donde se han identificado importantes reservas del mismo, como Italia, Francia y Austria. El consumo es del orden del 69 por 100 en empresas industriales, 16 por 100 en la producción de energía eléctrica, 10 por 100 en las fábricas de gas, para alimentación de ciudades, y 6 por 100 en aplicaciones domésticas.

Se espera que los países de la OECE, alcancen en 1965 una producción superior a los 33.000 millones de m³, equivalente a 140.000 Tcal.

Es problema interesante la insuficiencia de centros consumidores para los 46.000 millones de m³, que se espera produzca para dicha fecha el Sahara francés, el cual en el norte africano sólo encontrará consumo para algo más de su cuarta parte. Su único mercado es Europa, con dos posibilidades de transporte, los buques cisternas y los gasoductos por el Mediterráneo. Como posible, se dan dos: uno, desde Marruecos, que terminase cerca de Gibraltar, y otro desde Argelia, para finalizar en Cartagena. El primero con una

longitud submarina de quince kilómetros y una profundidad máxima de 480 m., y el segundo de ciento ochenta kilómetros y profundidad máxima de 2.700 metros.

DESALACION DEL AGUA MARINA

Entre las nuevas técnicas para la desalación del agua marina, figuran la basada en el uso del propano, la cual requiere menor consumo de energía que las de congelación.

El gas propano se combina con el agua a la temperatura de 20° C. a la presión de 3,9 atmósferas por centímetro cuadrado, para formar una mezcla cristalina insoluble. Los cristales se lavan y descomponen a unos 7° C. a la presión de 4,8 atmósferas, para formar agua potable y propano, que es recirculado en el sistema.

CONTAMINACION DEL AIRE POR ANHIDRIDO SULFUROSO

Se está industrializando una técnica por medio de permutación radiométrica, para la valoración de pequeñas cantidades de dióxido de azufre en el aire, la cual se espera aplicar a otras contaminaciones.

El supuesto aire contaminado, se aspira a través de un elemento de reacción, donde el SO₂ reacciona para generar una cantidad proporcional de gas radiactivo, del que se mide su actividad por un contador Geiger.

CENTRO NUCLEAR DE ISPRA

Se hizo entrega oficial a las autoridades del Euratom, del centro de investigación nuclear de Ispra, a orillas del Lago Maggiore. Todavía se invertirán en este centro 39 millones de dólares para instalaciones y 40 millones de dólares en ampliaciones y nuevos edificios.

CONFERENCIA DE LOS PAISES EXPORTADORES DE PETROLEO

Se ha reunido en Caracas, en enero pasado, la segunda Conferencia de la Organización de los países exportadores de petróleo (OPEC). Entre los temas discutidos figuran una mayor participación de los países de la OPEC en los beneficios de la explotación del petróleo y del restablecimiento de los precios a niveles justos y remuneradores.

ECONOMIA DEL PETROLEO

La Organización de Países Exportadores de Petróleo (O. P. E. P.), integrada por Venezuela, Irán, Iraq, Kuwait, Arabia Saudita y Qatar, ha notificado a varias Compañías petrolíferas que no acepta las rebajas de los precios oficiales del producto y sus derivados, impuestas en agosto de 1960. Las resoluciones adoptadas en las dos conferencias de la O. P. E. P., celebradas en Bagdad, septiembre de 1959, y Caracas, enero de 1960, parecen augurar que la situación de la economía petrolífera va a ser sacudida.

CONFERENCIA DE TIERRAS ARCILLOSAS

La décima conferencia nacional de minerales arcillosos, patrocinada por la Comisión del mismo nombre de la Academia Nacional de Ciencias, del Consejo Nacional de Investigaciones, se celebrará en la Universidad de Texas, Austin, del 16 al 18 del próximo octubre.

ENERGIA NUCLEOELECTRICA

Uno de los actuales objetivos es la producción de energía nucleoelectrónica barata: para ello se están proyectando dos centrales nucleoelectrificadas de 150 y 15 megawattios. El coste de la primera será de 260 millones de DM., y el de la segunda de 35 millones de DM. Las centrales se construirán cerca del Río Neckar, al norte de Heilbronn, y estarán terminadas para fines de 1965.

LA PETROQUIMICA FRANCESA

Mientras que la química del carbón, tiene en Francia ocho complejos industriales, la petroquímica tiene 50 empresas que se ocupan de ella. Las primeras están montadas cerca de las minas de carbón, y las segundas en las inmediaciones de las refinerías, destinándose al sector petroquímico una cuarta parte de sus ventas. Para varios productos de esta industria petroquímica, las exportaciones ya son remuneradoras.

LA INDUSTRIA REFRACTARIA FRANCESA

En las Empresas mineralúrgicas francesas, se observa una tendencia a matcomunar sus intereses en la faceta de fabricación de artículos refractarios, con el fin de racionalizar y ampliar su producción, y dedicar un papel importante a los laboratorios de investigación, base de la buena calidad. La causa de este movimiento, se debe al mercado común, por la agudización que va a producir en la competencia.

BUENDAS DEL VALLE DE ARAN

En el acta del Acuerdo Comercial Hispanofrancés, de 20 de enero del corriente año, figura:

«La Delegación francesa ha declarado a la Delegación española que, conforme a las disposiciones contenidas en precedentes acuerdos, Francia espera recibir la totalidad de la producción de las minas del Valle de Arán, explotadas por la Sociedad Minera de Vitoria, cuya instalación ha sido suministrada en su mayor parte por Francia.»

OLEODUCTOS EN GRAN BRETAÑA

Existe un proyecto de ley para aprobar la construcción de un oleoducto de 25 centímetros de diámetro y 112 kilómetros de longitud, desde la isla de Convey, en el Tá-

mesis, hasta el Canal de la Gran Unión, en Danham, el cual tendría ramales de distribución en Fulham y en el aeropuerto de Londres. Complementario a este plan, hay el proyecto de prolongar las instalaciones mencionadas de transporte y gases licuados, desde Denham hasta Birmingham y las orillas del Mersey, así como construir un puerto terminal del oleoducto en alta mar, al norte de Margate, para la descarga de tanques de 70 a 100.000 toneladas, que se espera estén terminadas en 1965.

Con estas instalaciones, se descargarían en veinticuatro horas los grandes tanques pudiéndose mandar los productos a 460 kilómetros.

EL PETROLEO ITALIANO

Durante el primer semestre de 1960, continuó en Italia la expansión de su industria de hidrocarburos; se obtuvieron 3.160 millones de metros cúbicos de gas natural, 884.000 toneladas de petróleo bruto, y 29.808 de gasolina.

Además de una serie de proyectos de pequeñas empresas de transformación subsidiaria, figura un gran complejo petroquímico en Cerdeña. Los más destacados, son: una refinería en Pavía, con una capacidad anual de 3 a 4 millones de toneladas; otra en Cerdeña, de 400.000 a 1.000.000; otra, también en Cerdeña, para 1,2 millones de toneladas, y transformación de olefinas; otra en Porto Torres, para 1,2 millones de toneladas, destinados a la producción de etileno, propileno, butano, butadieno, toluol, etc. Aumento de la capacidad de Edconera a 2,3 millones; la de Rávena a 4; la de Génova, a 2,3; de Trieste, a 2,3; de Alejandria, a 250.000 toneladas.

También se han autorizado en Rávena la instalación de una factoría de butadieno con capacidad de 14.000 toneladas anuales, y aumentar la de disolventes de Rávena a 100.000 toneladas.

PRODUCCION MINERALURGICA ESPAÑOLA

(En miles de toneladas métricas)

	1959	1960	Diferencia	%
<i>Combustibles sólidos:</i>				
Hulla	10.921	11.263	+ 342	+ 3,1
Antracita	2.620	2.510	- 110	- 4,2
Lignito	2.102	1.764	- 338	- 16,1
<i>Total</i>	<i>15.643</i>	<i>15.537</i>	<i>- 106</i>	<i>- 0,7</i>
<i>Minerales:</i>				
Mineral de hierro	4.609	5.384	+ 775	+ 16,8
Piritas	4.120	4.118	- 2	- 0,1
Sales potásicas	272	288	+ 16	+ 5,9
Cine	158	152	- 6	- 3,8
P'omo	111	106	- 5	- 4,5
<i>Total</i>	<i>9.270</i>	<i>10.048</i>	<i>+ 778</i>	<i>+ 7,8</i>

Considerada en conjunto, la producción minera ha experimentado un incremento de 3,4 %.

El índice de la producción minera pasó de 123,9, en 1959, a 128,1, en 1960. Para este cálculo se considera 100 la de 1953-54.

Petróleo.

Los productos petrolíferos pasaron de 6.818.000 toneladas en 1959, a 6.366.000 en 1960, con aumento del 2,2 por 100, casi el mismo del año anterior (2,1 por 100).

El consumo aumentó en 1960 un 11,3 por 100.

Siderurgia

La producción de lingote de hierro experimentó en 1960 una subida del 13,8 por 100 con respecto al año anterior, al pasar de 1.657.000 toneladas en 1959 a 1.886.000 en 1960. Este aumento fue inferior en la mitad al que se registró en 1959 (26,1 por 100).

El lingote de acero pasa de 1.823.000 toneladas en 1959 a 1.911.000 en 1960, con alza del 4,8 por 100. Comparando este incremento con el del año precedente (15,1 por 100), se observa una notable contracción en el ritmo de crecimiento.

Cemento.

La producción de cementos artificiales pasó de 5.220.000 toneladas en 1959 a 5.212.000 en 1960, con una disminución del 0,2 por 100, frente a un incremento del 9,6 por 100 en el año anterior.

Industrias químicas.

La industria química tuvo en general aumentos de producción muy importantes en ciertas ramas. Los abonos nitrogenados alcanzaron la cifra de 453.000 toneladas, frente a 336.000 en 1959, lo que supuso un aumento del 34,8 por 100, contra el 27,9 por 100 del año anterior.

El ácido sulfúrico bajó de 1.161.000 toneladas en 1959 a 1.117.000 en 1960, con una merma del 3,8 por 100, frente a un incremento del 6,72 por 100 en el año anterior; y los superfosfatos disminuyeron también, dado que la producción fue de 1.907.000 toneladas en 1960, frente a las 1.947.000 de 1959, con una disminución del 2 por 100.

La sosa cáustica alcanzó en 1960 las 136.000 toneladas, mientras en 1959 fueron sólo 128.000, lo que supuso un alza del 6,2 por 100, en tanto que la del año anterior fue del 8,57 por 100.

PRODUCTOS MINERALÚRGICOS LIBERALIZADOS

Por Orden aparecida en el «Boletín Oficial del Estado» de 20 de marzo, se liberaliza la importación de los siguientes productos mineralúrgicos.

Grafito natural. Arenas naturales de cualquier clase, incluso coloreadas, con exclusión de las arenas metalíferas. Arcillas (caolin, bentonita, etc.), excepto las arcillas dilatadas de la partida 68.07, andaluçita, cianita, silimanita, incluso calcinadas; mullita; tierras de chamota y de dinas. Creta. Tierras colorantes, incluso calcinadas o mezcladas entre sí; óxidos de hierro micáceos naturales. Sulfato de bario natural (baritina); carbonato de bario natural (witherita), incluso calcinado, con exclusión del óxido de bario. Tierras de infusorios, láminas silíceas fósiles y otras tierras silíceas análogas (quies-elgur, tripolita, diatomita, etc.), de densidad aparente igual o inferior a 1, incluso calcinadas. Piedra pómez, esmeril, corindón natural y otros abrasivos naturales. Pizarra en bruto exfoliada, desbastada o simplemente troceada por aserrado. Mármoles, travertinos, «cuassines» y otras piedras calizas de talla o de construcción, de densidad aparente igual o superior a 2,5 y el alabastro en bruto, desbastados o simplemente troceados por aserrado. Granito, pórfido, basalto, arenisca y otras piedras de talla o de construcción en bruto, desbastados o simplemente troceados por aserrado. Pedernal; piedras trituradas, macadán y macadán alquitranado, cantos y grava utilizables en la construcción de carreteras, balasto y hormigón; guijarros; gránulos, fragmentos y polvo de las piedras. Dolomita en bruto desbastada o simplemente troceada por aserrado; dolomita fritada o calcinada; aglomerado de dolomita. Carbonato natural de magnesio (magnesita), incluso calcinado, con exclusión del óxido de magnesio. Castinas y piedras utilizables en la fabricación de cal o de cemento. Cal ordinaria (viva o apagada); cal hidráulica, con exclusión del óxido y del hidróxido de calcio. Espuma de mar natural (incluso en trozos pulimentados) y ámbar natural (succino); espuma de mar y ámbar regenerados en plaquitas, varillas, barras y formas similares simplemente moldeados; azabache. Mica, incluida la mica exfoliada en láminas irregulares «plittingis» y los desperdicios de mica. Esteatita natural en bruto, desbastada o simplemente troceada por aserrado. Talco. Criolita y quiolita naturales. Sulfuros de arsénico naturales. Boratos naturales en bruto y sus concentrados (calcinados o sin calcinar), con exclusión de los boratos extraídos en la salmuera natural; ácido bórico natural con un contenido máximo de 85 por 100 de $\text{BO}_3 \cdot \text{H}_3$ valorado sobre producto seco. Feldespato, leucita, nefelina y nefelina sienita, espatofluor. Materias minerales no expresadas ni comprendidas en otras partidas; restos y cascotes de cerámica. Ácidos sulfonítricos (mezclas sulfonítricas). Corindones artificiales. Fluoruros de tierras céricas. Cementos o morteros refractarios.

EXPORTACION MINERALÚRGICA ESPAÑOLA

	(en millares de dólares)		
	1958	1959	1960
Minerales y piritas de hierro	30.031	21.865	26.269
Derivados del petróleo	41.998	37.623	41.156
Mercurio	10.404	8.736	10.029
Cloruro potásico	7.869	8.217	9.676
Blenda	1.528	4.590	3.223
Plomo	4.554	5.792	8.047
Hierro y acero sin manufacturar	4.255	10.597	56.115

IMPORTACION MINERALURGICA EN ESPAÑA

	(en millares de dólares)		
	1958	1959	1960
Petróleo y sus derivados	168.376	170.284	147.944
Sulfato amónico	25.921	35.178	13.146
Hullas	14.386	23.557	5.491
Nitratos	20.628	23.539	11.614
Hierro y acero sin manufacturar	26.763	22.686	27.759
Fosfatos	15.169	15.596	7.400
Cobre y sus aleaciones	13.957	13.642	9.211
Hojalata	10.511	10.995	7.267

COTIZACIONES DE MINERALES Y METALES

Materias	31-12-58	30-12-59	23-2-61	29-3-61	27-4-61
<i>Cinc.</i>					
Nueva York (centavos por libra) ...	11.50	12.50	11.50	11.50	11.50
Londres (libras por ton.)	76-76 1/2	95 1/4-95 1/2	84 1/2-84 3/4	83 1/4-83 3/8	84-84 1/2
<i>Aluminio.</i>					
Nueva York (centavos por libra) ...	26-30	28.10	26	26	26
Londres (libras por ton.)	180	187	186	186	186
<i>Mercurio.</i>					
Nueva York (dólares el frasco de 34.5 kg.)	218-221	212-214	208-211	206-208	205-208
Londres (libras el frasco de 34.5 kg.)	74	72	69	69	67
<i>Volframio.</i>					
Londres (chelines por ton.)	95-100	174-152	128 1/2-133 1/2	118-123	119-123

Materias	31-12-58	30-12-59	23-2-61	29-3-61	27-4-61
<i>Petróleo.</i>					
Nueva York (libras por barril). East Texas crudo en pozo	3.25	3.05-3.25	3.05-3.25	3.05-3.25	3.05-3.25
<i>Estaño.</i>					
Nueva York (centavos por libra) ...	98.25	98.75	102.5	104.37	107.07
<i>Cobre.</i>					
Nueva York (centavos por libra). Electrolítico	29	26	29	29	29
Londres (libras por ton.)	221-221 1/4	256 1/2-257 1/2	227 3/4-228	223 1/2-224	234 3/4-235
<i>Plomo.</i>					
Nueva York (centavos por libra) ...	13	12	11	11	11
Londres (libras por ton.)	72 1/8-72 1/4	74 1/4-72 1/2	64 3/4-65	65 1/8-65 3/8	67 7/8-68 1/8

EXPORTACIONES ESPAÑOLAS DURANTE 1960 EN MILLONES DE DOLARES

Hierro y acero	32.3
Hierro y acero en barras, hilo redondo y planchas	9.4
Cinc y sus manufacturas	6.8
Piritas	15.7
Mineral de hierro	13.9
Mercurio	10.0
Cloruro potásico	9.6
Cobre, bronce y latón sin manufacturar	7.6
Plomo	8.0

FE DE ERRATAS

En el número 61 de NOTAS Y COMUNICACIONES, se publicó el trabajo *Notas para el estudio de la caverna de Peña Roche*, del cual es autor D. E. Nolte y Aramburu. En él se omitió

«agradecemos especialmente a D. Gaizka de Ugarte, la colaboración prestada en la topografía».

RESERVA A FAVOR DEL ESTADO DE YACIMIENTOS DE CARBÓN EN LA PROVINCIA DE CORDOBA

Por Orden de 18 de febrero de 1961, se ha resuelto: Prorrogar la reserva del Estado de los yacimientos de carbón en la cuenca de Peñarroya, Puelblonuevo, Bélmez y Espiel, de la provincia de Córdoba, con el mismo perímetro y en los mismos términos que se indican en la Orden de 7 de marzo de 1957, que establecía la misma. Esta prórroga entrará en vigor a partir de la fecha del vencimiento de la concedida Orden de 10 marzo de 1959, teniendo validez por dos años, salvo que antes de este plazo haya sido prorrogada nuevamente en forma explícita o transformada en reserva definitiva.

RESERVA DEFINITIVA A FAVOR DEL ESTADO DENOMINADA SALAMANCA SEXTA

Por Orden de 9 de marzo de 1961, se ha resuelto: Reservar definitivamente a favor del Estado los yacimientos de toda clase de sustancias, excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas, en la zona que se designa a continuación: Paraje denominado «Valdemaría» del término municipal de Hinojosa del Duero, de la provincia de Salamanca, denominada «Salamanca Sexta», de 56 pertenencias. Punto de partida, un mojón de ladrillos y piedras enlucido, de sección cuadrada de 35 x 35 centímetros, que termina en un remate piramidal de 10 centímetros de altura. Su altura total es de 25 centímetros. Está situado en la parte más alta de un cerro de poca altura, en el paraje de «Valdemaría», del término de Hinojosa del Duero, entre los caminos de Valdemaría y el del Prado Cambó, a unos 425 metros del primero y a 70 metros del segundo por la parte más próxima, y a 935 metros en dirección S. 19° 45' m. O. del poste indicador del kilómetro 51 del ferrocarril de Salamanca a la frontera de Portugal, cuyas visuales, rectificadas por la Jefatura del Distrito Minero, son las siguientes: A la esquina SE. del tenado de José Alonso, vecino de Hinojosa, N. 20° 48' m. E. y 235 m. A la veleta del campanario de la iglesia de Lumbrades, S. 47° 06' m. E. Al eje de la imagen del Sagrado Corazón, de Hinojosa, O. 40° 45' m. N. El punto de partida y demarcación quedaron establecidos en la Orden de 6 de mayo de 1958, publicada en el «Boletín Oficial del Estado» de fecha 14 del mismo mes y año, en la que se acordó la reserva provisional de la zona.

RESERVA DEFINITIVA A FAVOR DEL ESTADO DENOMINADA «SALAMANCA OCTAVA»

Por Orden de 16 de marzo de 1961, se ha resuelto: Reservar definitivamente a favor del Estado los yacimientos de toda clase de sustancias, excluidos los hidrocarburos fluidos y las bituminosas, en la zona que se designa a continuación: Paraje denominado «Blas Miguel», del término municipal de Hinojosa del Duero, de la provincia de Salamanca, con el nombre de «Salamanca Octava», de treinta y dos pertenencias. Punto de partida, un mojón de ladrillos y piedras, enlucido, de sección cuadrada de 35 x 35 centímetros, que termina en un remate piramidal de 15 centímetros de altura. En total, sobresale 25 centímetros del suelo, está situado en el paraje denominado «Blas Miguel», en una loma

a 162,50 metros en dirección E. 45° 42' m. N., del mojón del kilómetro 106 de la carretera de Salamanca al muelle de Fregeneda, cuyas visuales, rectificadas por la Jefatura del Distrito Minero, son las siguientes: Al eje de la imagen del Sagrado Corazón de Hinojosa del Duero, E. 29° 57' m. N. Al eje de la imagen del Sagrado Corazón de Sobradillo, S. 27° 31' m. E. Al hito K-106 de la carretera de Salamanca a Fregeneda, O. 45° 30' m. S. y 163 m. El punto de partida y demarcación quedaron establecidos en la Orden de 7 de mayo de 1958, publicada en el «Boletín Oficial del Estado» de 3 de junio siguiente, en la que se acordó la reserva provisional de la zona.

LEVANTAMIENTO DE LA RESERVA DE YACIMIENTOS DE CARBÓN EN LA PROVINCIA DE LEÓN

Por Orden de 20 de marzo de 1961, se ha resuelto: Levantar la reserva provisional a favor del Estado, establecida por Orden ministerial de 7 de mayo de 1958 para yacimientos de carbón en la zona de la provincia de León, delimitada por el siguiente perímetro: Punto de partida, el centro de la torre de la iglesia de Sorriba, que se unirá sucesivamente con los de las torres de la iglesia de Vidanes, Cebanico y Cabrera, desde donde se seguirá por un paralelo geográfico hasta su intersección con el límite de las provincias de León y Palencia, continuándose desde el punto así determinado y en dirección norte dicho límite de provincias, hasta un kilómetro al Norte de la estación de ferrocarril de La Espina, uniéndose este punto con el centro de la torre de la iglesia de Robledo de la Guzpeña, y siguiéndose desde este punto hasta cerrar el perímetro en la partida, pudiendo por tanto solicitarse, con arreglo a la legislación vigente, permisos de investigación y concesiones de explotación en esta zona que se libera.

RESERVA DEFINITIVA A FAVOR DEL ESTADO DENOMINADA «SALAMANCA NOVENA»

Por Orden de 4 de abril de 1961, se ha resuelto: Reservar definitivamente a favor del Estado los yacimientos de toda clase de sustancias, excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas, en la zona que se designa a continuación: Paraje denominado «Valdemaría» de los términos municipales de Lumbrades, Hinojosa del Duero y Sobradillo, de la provincia de Salamanca, con el nombre de «Salamanca Novena», de noventa y dos pertenencias. Punto de partida, un mojón de ladrillo y piedras, enlucido, de sección cuadrada de 35 x 35 centímetros, que termina en un remate piramidal de 10 centímetros de altura, siendo su altura total de 25 centímetros, está situado en el punto más alto del cerro llamado «Tesito de los Cuatro Términos», punto donde concurren las líneas divisorias de los términos municipales de Lumbrades, Hinojosa del Duero, Sobradillo y La Ronda, cuyas visuales, rectificadas por la Jefatura del Distrito Minero, son las siguientes: A la veleta del campanario de la iglesia de Lumbrades, E. 79° 77' S. Al eje de la imagen del Sagrado Corazón de Sobradillo, O. 43° 35' S. Al eje de la imagen del Sagrado Corazón de Hinojosa, N. 33° 86' O. Al hito K 99 de la carretera de Salamanca a Fregeneda, N. 59° 63'E., y 730 m. El punto de partida y demarcación quedaron establecidos en la Orden de 7 de mayo de 1958, publicada en el «Boletín Oficial del Estado» de 3 de junio siguiente, en la que se acordó la reserva provisional de la zona.

RESERVA DEFINITIVA A FAVOR DEL ESTADO DENOMINADA «SALAMANCA DECIMA»

Por Orden de 15 de abril de 1961, se ha resuelto: Reservar definitivamente a favor del Estado los yacimientos de toda clase de sustancias, excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas, en la zona que se designa a continuación: Paraje denominado «Alajema», de los términos municipales de Lumbrales y La Redonda, de la provincia de Salamanca, de cien pertenencias, con el nombre de «Salamanca Décima». Punto de partida, un mojón de ladrillos y piedras, enlucido, de sección cuadrada de 35 x 35 cm. y una altura total de 20 cm., termina en un remate piramidal de 15 cm. de altura, está situado en el punto más alto del cerro Majema, en el término municipal de Lumbrales, cuyas visuales, rectificadas por la Jefatura del Distrito Minero, son las siguientes: A la veleta del campanario de la iglesia de Lumbrales, E. 2º 69' S. Al hito del cerro de San Jorge, E. 21º 86' S. Al eje de la imagen del Sagrado Corazón de Sobradillo, O. 31º 84' S. Al eje de la imagen del Sagrado Corazón de Hinojosa, N. 38º 82' O. El punto de partida y demarcación quedaron establecidos en la Orden de 12 de mayo de 1958, publicada en el «Boletín Oficial del Estado» de 3 de junio siguiente, en la que se acordó la reserva provisional de la zona.

RESERVA DEFINITIVA A FAVOR DEL ESTADO DENOMINADA «SALAMANCA SEPTIMA»

Por Orden de 15 de abril de 1961 se ha resuelto: Reservar definitivamente a favor del Estado los yacimientos de toda clase de sustancias, excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas, en la zona que se designa a continuación: Paraje denominado Las Viñas, del término municipal de Lumbrales, de la provincia de Salamanca, de cincuenta y dos pertenencias, con el nombre de «Salamanca Séptima». Punto de partida un mojón de ladrillos y piedras enlucido, de sección cuadrada de 35 x 35 cm., y terminando en un remate piramidal de 10 cm. de altura, sobresaliendo en total 25 cm., que está situado sobre unas rocas de granito, en el paraje denominado Las Viñas, a 175 m. en dirección O. 26º 95' N. de la Fuente de Lora (que está situado en la margen derecha del camino del Arroyo del Pinar, a unos 150 m. del cruce de este camino con el de Las Viñas), y a 925 m. en dirección S. 2º 35' E. de la cruz de la ermita de San Gregorio, cuyas visuales, rectificadas por la Jefatura del Distrito Minero, son las siguientes: Al eje del campanario de la iglesia de Bermellar, E. 41º 55' N. Al centro de la fuente de Lora, E. 27º 79' S. A la veleta del campanario de la iglesia de Lumbrales, S. 2º 58' O. A la cruz de la ermita de San Gregorio, N. 1º 50' O. El punto de partida y demarcación quedaron establecidos en la Orden de 7 de mayo de 1958, publicada en el «Boletín Oficial del Estado» de 3 de junio siguiente y rectificación en el del día 17 del citado mes de junio, en la que se acordó la reserva provisional de la zona.

LEVANTAMIENTO DE LA RESERVA EN LAS PROVINCIAS DE PALENCIA Y SANTANDER

Por Orden de 18 de abril de 1961 se ha resuelto: Levantar la reserva definitiva a favor del Estado de la zona carbonífera dispuesta por Orden ministerial de 10 de septiembre de 1947, comprendidas en las provincias de Palencia y Santander, delimitada por el siguiente

perímetro: Un triángulo definido por las líneas rectas que unen el vértice Cucto, de cota 2.086 m., con la torre de la iglesia de Brañosera y con el punto situado a tres kilómetros al noroeste de Abiada, siendo el tercer lado de la línea que desde este último punto va a la torre de la iglesia de Brañosera, cerrándose así el perímetro, pudiendo por tanto solicitarse, con arreglo a la legislación vigente, permisos de investigación y concesiones de explotación en esta zona que se libera.

LEVANTAMIENTO DE LA RESERVA DE YACIMIENTOS DE CARBÓN

Por Orden de 18 de abril de 1961 se ha resuelto: Levantar la reserva definitiva a favor del Estado dispuesta por Orden ministerial de 26 de junio de 1946, de yacimientos de carbón, zona E, de Barruelo, comprendida en las provincias de Palencia y Santander, delimitada por el siguiente perímetro: Punto de partida la torre de la iglesia del pueblo de Orbó. Este punto se unirá con la torre de la iglesia del pueblo de Brañosera, desde donde se trazará una línea que lo una con un punto situado a tres kilómetros al NO. de la Abadía. Desde aquí se seguirá una línea hasta la iglesia del pueblo de Proaño, que se unirá, a su vez, con el punto determinado por la torre de la iglesia de Hoyos. Desde este punto se trazará una línea hasta la estación del ferrocarril de La Robla-Valmaseda en Mataporquera, punto que se unirá con la torre de la iglesia de Nestar, y desde aquí se seguirá a la estación de Cillamayor, del ferrocarril de La Robla, siguiendo desde este punto al de partida de Orbó, pudiendo por tanto solicitarse, con arreglo a la legislación vigente, permisos de investigación y concesiones de explotación en esta zona que se libera.

HOMENAJE A DON EDUARDO HERNANDEZ PACHECO

El día 20 de marzo, se celebró un acto íntimo en la Comisión Nacional de Geología, para entregar con todo cariño a nuestro maestro y amigo, la Gran Cruz de Alfonso X el Sabio, concedida por S. E. el Jefe de Estado, a petición de la mencionada Comisión. Por el delicado estado de salud del gran geólogo, las insignias fueron entregadas a sus hijos por el Presidente de la Comisión y Director del Instituto Geológico y Minero.

Notas bibliográficas

FOTOGEOLOGIA

RICHARD G. RAY: *Métodos fotogeológicos para la interpretación y levantamiento geológicos*, «Geological Survey Bulletin» 1043-A, 29 págs., México, 1961.

Hay muchos métodos fotogeológicos que se emplean en la interpretación y levantamientos geológicos. Se basan tales métodos en cuatro criterios generales: interpretación y consignación de los datos geológicos sobre las fotografías, determinación cuantitativa de los accidentes geológicos a partir de las fotografías, compilación planimétrica de un mapa-base y traslado de los datos geológicos de las fotografías a ese mapa-base. Los métodos descritos pertenecen en su mayor parte a la fotografía aérea vertical.—L. DE A.

PILLMORE, C. L.: *Aplicación de los aparatos estereoscópicos restitutores de orden elevado, a los estudios fotogeológicos*, «Geological Survey Bulletin», 1043-B, 16 págs., México, 1961.

Los restitutores estereoscópicos de un orden de precisión elevado, son aplicables a muchos estudios fotogeológicos. El empleo de estos instrumentos, para la mayoría de los proyectos de levantamiento geológico, se justifica por su facilidad de operación y elevada calidad de los resultados.

La extensa área cubierta por el modelo estereoscópico de las llamadas fotografías de altura grande (de escala aproximadamente 1/60.000 o menor) en un aparato de amplificación grande, facilita a los geólogos para el estudio rápido de áreas grandes y para el levantamiento simultáneo de muchos accidentes geológicos. Las áreas de donde se desea un levantamiento geológico detallado pueden ser estudiadas adecuadamente, empleando fotografías de escasa altura (a una escala aproximada de 1/20.000 o mayor) en uno de esos aparatos. En estudios geológicos especiales, en donde son esenciales las mediciones de muchas potencias estratigráficas o de alturas, como en los estudios de isopacas o curvas de nivel, pueden realizarse completamente para muchas áreas, empleando aparatos de restitución estereográfica. Con el empleo de aparatos restitutores estereográficos, particularmente cuando se combinan con las observaciones de campo, pueden lograr un boceto geológico más preciso y vinculable que el conseguido mediante el papel estereográfico restitutor impreso, y que el logrado por las compilaciones de campo. La razón de esta elevada precisión es que el anaglifo (modelo estereoscópico) puede reorientarse, tanto horizontal cuanto verticalmente, hacia un mapa-base. Sin embargo, la perfección y utilidad del mapa final depende del mapa-base, de la interpretación de los contactos, de las fallas y de otros accidentes geológicos, por parte de los geólogos.—L. DE A.

WILLIAM R. HEMPHILL: *Determinación de datos geológicos cuantitativos mediante aparatos de tipo estereómetro*, «Geological Survey Bulletin», 1043-C, 26 págs., México, 1961.

Un aparato de tipo estereómetro, es un artificio fotogramétrico de medida empleado para determinar diferencias de elevación entre accidentes, tal y como se ven en las fotografías aéreas verticales. Se describen en el artículo la manipulación de los aparatos de tipo

estereómetro, así como algunas de sus aplicaciones para la consecución de datos geológicos cuantitativos. Se subraya la medición de grosor estratigráfico, así como sus deducciones y buzamientos, porque tales mediciones no sólo demuestran los procedimientos estereométricos generales, sino también son básicos en muchos programas de levantamientos geológicos de campo. Se define y explica el uso de términos fotogramétricos, poco familiares normalmente para muchos geólogos.—L. DE A.

KARL, J.; LERCHENMULLER, L.; STIEFEL, D.: *La importancia de la foto aérea para la regulación de torrentes*. «Der Tiefbau», núm. 12, 2.º año, págs. 635-642, Munich, 1961.

La fotografía aérea facilita considerablemente el trabajo en las obras de regulación de los torrentes.

Hasta ahora, los siguientes métodos han proporcionado buenos resultados:

La simple observación estereoscópica en la mesa de trabajo y en el campo para delimitar las regiones dañadas más importantes; medición por medio del Estereótopo, precedida de una triangulación radial mecánica con el Sector Radial.

Pueden medirse con suficiente exactitud las alturas y curvas de nivel y dibujarse, sin ninguna necesidad de una larga formación fotogramétrica del operador. Esto ofrece la ventaja de que una misma persona pueda realizar la fotointerpretación y la restitución fotogramétrica.—L. F.

GEOFISICA

ALLAN COX y RICHARD R. DOELL: *Review of Palcomagnetism*. «Bulletin of the Geological Society of America», vol. 71, págs. 645-768, junio 1960.

En este trabajo los autores recogen y discuten los datos utilizados sobre la magnetización de rocas y en particular aquellos que tienen un interés paleomagnético. Todas las medidas paleomagnéticas conocidas de los autores, son recogidas y consideradas (con un índice y tabla resumen e ilustraciones en inglés y en ruso). Los principios sobre los cuales se basa la evaluación de las medidas paleomagnéticas se resumen y se apoyan sobre los métodos estadísticos y sobre los datos y los textos que revelan la estabilidad magnética y la utilización posible en paleomagnetismo. El estudio por ello realizado conduce a las cuatro conclusiones siguientes:

1.º El campo magnético medio de la tierra del Oligoceno al período actual, sigue aproximadamente lo que resultaría de la presencia de un dipolo en el centro de la tierra, orientado paralelamente al eje de rotación actual.

2.º Los datos paleomagnéticos del Mesozoico y Terciario inferior, pueden ser explicados de una manera más plausible, suponiendo un campo magnético variando rápidamente, que una derivada continental a gran escala, con o sin desplazamiento del polo de rotación.

3.º Los campos magnéticos del Carbonífero y particularmente el Permiano fueron muy «estables» en comparación con los de los períodos anterior y posterior, y tenían una configuración profundamente diferente de la del campo actual.

4.º El campo magnético precambriano tuvo una configuración diferente de la del campo actual, pero, si se tiene en cuenta la duración representada, puede considerarse constante para todos los continentes. L. DE A.

LOUIS CAGNIARD: *Rigidité du Noyau et dualité des ondes sismiques qui s'y propagent*. «C. R. Acad. de Scien. Paris», CCLII, 1045 a 1047, febrero 1961.

Del hecho de que una «doble capa» eléctrica se interponga entre el Manto y el Núcleo, las ecuaciones de paso no son las mismas que cuando los dos medios se encuentren directamente en contacto. De esto resulta la propagación paradójica de las ondas sísmicas a través del Núcleo. En realidad el Núcleo es rígido y las ondas K son distorsionales. Las ondas de condensación se propagan en el Núcleo, dando lugar a emergencias que se han imputado a una difracción de las ondas P.—L. DE A.

GEOLOGIA

Cordillères Bétiques (Espagne)... «Bull. Soc. Geol. de France», 11, núm. 3, 1960, publicado en febrero de 1961.

Introducción a la Sesión de las Cordilleras Béticas, por Durand Delga, págs. 263-66.—Prolongándose en más de 600 kilómetros entre el Atlántico y el Mediterráneo, las Cordilleras béticas constituyen una importante rama del sistema alpino. Su estructura, eminentemente compleja, aparece ya en el examen del mapa geológico a escala 1.000.000 de España, editado en Madrid, y que constituye el único documento cartográfico de conjunto de la cadena. El conocimiento de ella no es la obra de un día, pero no es momento este, de dar detalle del aporte considerable de estudios estratigráficos efectuados en el siglo XIX, principalmente por nuestros colegas españoles, y donde la «Explicación» de Lucas Mallada revela lo esencial.

De esta época ya antigua retiremos, por tanto, los nombres de nuestros compatriotas De Verneuil y Collomb, después del terrible seísmo de Andalucía (1889), la «Misión de Andalucía», animada por Auguste Michel-Lévy, Charles Barrois, Marcel Bertrand y Wilfrid Kilian.

La *significación estructural de las Cordilleras béticas* ha puesto en evidencia fenómenos de acierre de tipo «alpino», aparecen desde el siglo XX, y especialmente en los trabajos de Robert Douvillé (zona de Jaén), en los de René Nicklés (regiones entre Huéscar y Alicante), así como en ciertas notas proféticas de Louis Gentil, sobre las dos orillas del estrecho de Gibraltar.

Una intensa actividad reina entre las dos guerras mundiales. Fue inaugurada con las publicaciones de Paul Fallot sobre las Baleares, y particularmente sobre la Sierra del Norte de Mallorca. El importante equipo holandés del profesor Brouwer da en seguida una serie de monografías muy útiles del «eje «bético» de las Cordilleras, esencialmente constituido por rocas cristalofílicas y Triás «alpino», de Motil a Cartagena. En las dos extremidades de la cadena, se deben mencionar los estudios de R. Brinkmann sobre la autóctona prebética al SW. de Valencia y los de J. Gavala y Laborde que establecen un mapa, muy notable por la época, del SW. de Andalucía, donde se debe deplorar que el texto explicativo no viera la luz.

Durante la decena de años que preceden a la guerra de España, una colaboración muy fructuosa se establece entre P. Fallot y nuestro colega suizo Bumenthal, a la vez en el Rif y en el Mediodía de España; el primero ejerce su actividad esencial al Este de Granada, el segundo en Andalucía occidental, sobre todo en la provincia de Málaga. Fueron realizados levantamientos geológicos precisos, sobre extensiones importantes y redactadas numerosas monografías explicativas. En unión con éstos, B. Decker Ferricas recuerda la historia geológica de Levante, entre Alicante y Valencia; su memoria póstuma es una fuente de datos objetivos.

En una primera *vista del conjunto de las Cordilleras* y de su enlace con las cadenas de África del Norte se aprecia esta inmensa tarea: intentos estratigráficos y paleogeográficos comenzados, por P. Fallot, síntesis estructurales de Blumenthal y de P. Fallot después.

Las guerras —y sus consecuencias— causaron una interrupción de más de veinte años en esta actividad. La continuación del estudio de la cadena fue señalado especialmente por los trabajos de G. Colom en las Baleares y los de E. Alastrué autor de Jaén. Prosigue con los trabajos realizados en el Instituto Geológico y Minero de España, con el impulso de A. Almela y de J. M. Ríos, etc., es grande en el Este de las Cordilleras, así como alrededor del Laboratorio de Geología de Granada, dirigido por L. Solé Sabarís en principio, después por J. M. Fomboté. Este último ha intentado, con sus colaboradores, el estudio de los alrededores de la capital andaluza.

Pero el campo de investigaciones es inmenso. El nuevo estado, necesario y a veces ingrato, consiste en la realización de un gran número de monografías, regionales y locales, ayudadas por una cartografía de detalle. Es en lo que se emplea el nuevo equipo francés en las Cordilleras béticas, animado por Paul Fallot, especialmente alrededor de su laboratorio del Colegio de Francia.

Este equipo, preparado progresivamente a partir del año 1956, da los resultados de las más recientes investigaciones que han sido recogidas aquí, trabajando en estrecha relación con nuestros colegas españoles, donde algunos han querido contribuir activamente en esta ciencia, así como la escuela holandesa de la Universidad de Amsterdam —establecida en la transversal de Almería— y con el grupo alemán del Instituto Geológico de Bonn, concentrado en la región de Ronda en Málaga, y que dirigen nuestros excelentes colegas el profesor Brinkmann y el Dr. R. Hoepfener.

Las publicaciones que vienen a continuación, con carácter regional, constituyen un testimonio de actividad coordinada. No será cuestión de buscar alguna tentativa de síntesis nueva, que no podrá ser más que prematura.

No es sin embargo inútil, para repenir los hechos descritos más lejos en el cuadro de conjunto, *el retrazar los caracteres geológicos esenciales de las cordilleras béticas*. Es esencialmente después de la síntesis de Paul Fallot, base sin la cual no se podría pasar actualmente, en la que se apoyan estas líneas.

El Paleozoico de la Meseta Ibérica, plegado en los tiempos hercínicos después penitanzado, está recubierto en el SE. entre el alto Guadalquivir y el país valenciano por una serie mesozoica, comprendiendo Trias, Jurásico y Cretáceo, generalmente potentes de medios continentales, lagunares o marinos, pero en este último caso, de facies neríticas (calizas reefales) o mares (aportes arenosos). Sobre el Secundario, viene en discordancia ligera el Eoceno (el Paleoceno no se conoce), al que sucede el Oligoceno o a veces el Mioceno inferior-medio, a menudo, francamente discordante.

Esta serie autóctona, plegada, algunas veces escamosa, otras inyectada de Trias margo-yesífero y despegada, como muestra B. García Rodrigo en la región al N. de Alicante constituye la Prebética. El análisis de esta serie estratigráfica, por otro lado bastante variable siguiendo las transversales, está particularmente acomodada en el Levante: el Jurásico superior de la Sierra Mariola, al N. de Alcoy, ha suministrado en particular a R. Busnardo y a mi mismo las faunas «reefales» de Madreporarios, bien determinados por J. Alousteau, y de Rudistas, donde el interés está subrayado por G. Astre. En cuanto a la serie terciaria, es muy típica en el S. de Javea, y J. Magné ha querido completar, por el análisis micropaleontológico, el corte del terreno que efectué hace tiempo.

Hacia el Este, las Cordilleras béticas se prolongan evidentemente en las Baleares. Las series de Mallorca, tal vez enteramente «prebéticas», y donde P. Fallot y B. Dürer han estudiado otras veces la estructura, se ha revelado con B. Escandell y G. Colom la superposición de varias fases tectónicas escalonadas del Oligoceno al Mioceno superior.

Volviendo sobre el continente, se puede preguntar sobre la prolongación occidental del Secundario prebético, que se introduce bajo el terciario de la depresión del Guadalquivir,

Los últimos jalones auténticos que son observables cerca de Jaén, donde R. Busnardo ha podido, después de una cartografía metódica y un fino análisis estratigráfico, precisar las unidades estructurales, muy complejas, de esta Prebética occidental.

Al Sur, la Prebética se hunde tectónicamente bajo la Subbética, donde la serie estratigráfica es muy diferente: Trias mucho más rico en margas mezcladas y en sales, Jurásico calizo y Cretáceo margoso, siempre francamente marino, atestiguado por sus facies y por sus faunas una profundidad mucho más considerable, es decir, en la jerga en uso, de un geosinclinal; la vida de este gigantesco surco marca, sobre todo, la longitud de la cadena, lejos de extinguirse al final del Mesozoico, se prolonga durante todo el Nummulítico, generalmente con continuidad de sedimentación del Senonense al Eoceno y al Oligoceno (no obstante a menudo fregamente discordante), bajo las facies margosas. Esta Subbética completamente despegada y sobre el Trias, ha sido, en el curso del Mioceno, largamente acarreada sobre la Prebética, como P. Fallot ha probado definitivamente.

La imagen anterior es en realidad muy simple. A la mitad de camino de Granada a Murcia, A. Foucault muestra que el frente subbético soporta un apilamiento de unidades de acarreo del Sur al Norte: una de ellas, principalmente compuesta de margas y areniscas del Cretáceo medio, forma una gran «unidad intercalada» entre Prebética y Subbética; R. Busnardo posee el homólogo en el S. de Jaén. Esta complejidad estructural no está solamente limitada en el frente subbético; Y. Peyre en el NW. de Antequera, P. Chauve en el SE. de Cádiz, encuentran igualmente en la Subbética las superposiciones o las yuxtaposiciones de unidades de acarreo de Sur al Norte, impregnadas de Trias margo-yesífero, y donde las series estratigráficas son más o menos diferentes entre ellas. En este fascículo sus autores se han interesado en la descripción litológica (P. Chauve) o en la estratigrafía paleontológica (X. y Y. Peyre con G. Dubar) de este Jurásico.

Si el Cretáceo en estos dominios subbéticos está bastante bien conocido, el Nummulítico está lejos de serlo. Pude en otras ocasiones, al E. de las Cordilleras aportar para la descripción de numerosos cortes elementos nuevos, que unidos a los recogidos más al Oeste permitirán dar, en su día, una vista de conjunto del Nummulítico. Por su lado la Srta. Liáres ha podido en el NE. de Granada precisar la composición gracias a una serie de microfanas, de Hautkénines del Eoceno superior. Más al Este (Huesca), A. Foucault muestra que, en una unidad francamente «subbética» por su posición tectónica, dominando del Bartonense al Mioceno inferior las facies de calizas compactas con grandes Foraminíferos, donde a situación original ciertamente muy meridional, no puede aún ser asegurada.

Es, por tanto, evidente que la «Subbética» comprende no sólo una, sino varias unidades elementales, proviniendo de la superposición o de la yuxtaposición tectónica de dominios paleogeográficos alejados en el origen. Varios sondeos en el SW. de Andalucía, han atestiguado elocuentemente esto. Notemos por otro lado que, en estas regiones, la porción más meridional, dicho de otra manera la más interna, de la Subbética ha sido denominada *Ponibética* por Blumenthal; la exacta significación estructural de este dominio, ciertamente diferente —tectónica y paleogeográficamente— de la verdadera Subbética, plantea importantes problemas.

Yendo hacia el Sur, nos encontramos la Bética *en el sentido estricto*. Los aportes Subbético-Béticos no están claros. Esta última, sobre todo constituida por terrenos cristalinofónicos y primarios, parece empujada contra la Subbética, que «embutida» literalmente hacia atrás: sea en la cabalgadura, sea en el encauchonamiento bajo ella, sea en ella estando simplemente anormalmente yuxtapuesta. Para la claridad de la exposición, mencionaré la estructura de la Bética, partiendo de la base del edificio.

En la base, *la cúpula de la Sierra Nevada*, con altas cimas, y un gigantesco anticlinal eje E.W., más o menos simple, realizado en el Neógeno superior, y habiendo afectado una enorme serie de esquistos epimetamórficos de edad desconocida (Precámbrico o Paleozoico, sin trazas de plegamientos sensibles antiterciarios). Este complejo, donde P. Fallot, a

veces con la Srta. Faure-Muret, J. M. Fontboté o L. Solé, han hecho el estudio, constituye un autóctono, al menos relativo.

Encima, vienen los neis albiticos y los micaesquistos, asociados a las «rocas verdes» transformadas, los cipolinos y a otras diversas facies metamórficas, suponemos «más profundas» que las de Sierra Nevada y que constituyen la *Mischungzone* (o *Mengzone*) de los holandeses. El debate sobre su edad y su significación estructural (cobertura, bajo las facies especiales, inicialmente feldespáticas y carbonatadas, de los esquistos sub-yacentes de la Sierra Nevada; o capa independiente comprendiendo el Mesozoico metamórfico, etc.) no está concluido.

Sea lo que fuere, la «*Mischungzone*», envoltura del «autóctono» de la Sierra Nevada, se hunde por todas partes bajo el dominio de las Alpujarras. Este soporta un solo Cristalofiliano coronante, sin discordancia apreciable —y tal vez en continuidad— con un Trias, a veces epimetamórfico («filitas violáceas» en la base, dolomías más o menos calizas con Diplopóridos, muy abundantes, más arriba), claramente diferente del complejo yesífero contemporáneo, «subbético». Las Alpujarras, donde el análisis esencial es debido a los trabajos de los alumnos del profesor Brouwer, están constituidas por un apilamiento de varias capas de acarreo elemental, donde la definición y la distinción no parece siempre muy clara (ver los trabajos de J. P. Copponex, 1959, autor de Motril).

La Srta. S. Duplaix, apoyándose en el estudio mineralógico de los «konglomeratische Mergeln», curiosos horizontes intercalados a la vez en la «*Mischungzone*» y en la base de las Alpujarras, precisa más lejos, en compañía de Fallot —que analiza sus condiciones de yacimiento— ciertos aspectos de estas difíciles cuestiones.

Hacia el Oeste, según Blumenthal, los estratos de las Alpujarras (o algunos de ellos) se hunden bajo un elemento estructural, actualmente superior que es la *capa de Málaga*. La constitución litológica y estratigráfica de esta gran unidad, donde se comienza a entrever la naturaleza estructuralmente compuesta, y muy particularmente para España, me recuerda, trecho por trecho, la del dominio kabyle de Argelia o la del Rif interno de Marruecos: zócalo neisico (ciertamente del Paleozoico antiguo) con rocas carbonatadas y peridotitas-serpentinicas, de edad origen y significación estructural aún desconocida (en el estudio de Trac); estos neis pasan hacia arriba a micaesquistos, después a filadidos epimetamórficos. Se nota también un Primario reciente, no metamórfico, o Gotthandense, Devoniano y Carbonífero antiguo están señalados abajo dos facies sobre todo esquistosas, pero a menudo también areniscosas o calcáreas. Después, sin discordancia fundamental, viene el Permo Trias, seguido de un Jurásico, de un Cretáceo y de un Eoceno, de espesores reducidos y donde los aportes estructurales con el substrato paleozoico no son sencillos. Por J. Azéma, que estudia las aproximaciones orientales de Málaga, se produce una poderosa desconchadura de esta «cobertura», por otro lado enteramente desconectada del zócalo primario, y que podría incluso, a mi juicio, provenir —tectónicamente— de un dominio más meridional.

Recordemos que en el NW. de Málaga, en la serranía de Ronda, Blumenthal ha visto justamente la reaparición de las Alpujarras, bajo el frente de la capa de Málaga que, aquí, llega a cabalgar la parte interna de la Penibética. Estas Serranías de Ronda han sido diferenciadas en Carratraca al Este de Algotacín. Stefan Dürr y Hoepfener han puesto en evidencia, mucho más al SW., hacia Casares, una serie permo-triásica (?) comparable, epimetamórfica, en una posición estructural idéntica a la de la Serranía de Ronda. La significación de estas diversas unidades queda por establecer.

El problema se hace difícil por la existencia de la serie del «Flysch», esencialmente cretáceo y nummulítico, en la zona de contacto entre la Serranía de Ronda, Penibética y frente septentrional de la unidad de Málaga. Esta capa, considerada hasta el presente como una cubierta discordante, esencialmente pos-orogénica, es en realidad extraordinariamente compleja.

Este «Flysch», que constituye en particular todo el campo de Gibraltar, se apoya al Este, entre Estepona y Guacín, sobre el Paleozoico de Málaga. J. Didon, ha emprendido su

análisis, en estrecha unión con mis propios trabajos sobre la orilla opuesta del canal de Gibraltar, y observada la superposición de varias grandes unidades de acarreo, en las que el Trias no interviene. Esta diferencia fundamental con los estratos subbéticos (y con las capas prerriñenas de Marruecos) se explica fácilmente si se admite, con el origen «ultrabético» —de alguna parte bajo el actual Mediterráneo— de la mayor parte de estos Flyschs, a semejanza de lo que yo propuse en el año 1956 para el Flysch «ultra-kabyle» de Argelia, y en 1958-59 —en colaboración con Mattauer— para el Flysch «ultra-rifeño» de Marruecos.

Hacia el Nor-Oeste, la unidad más elevada del Campo de Gibraltar —la «unidad del Aljibe» de J. Didon— sobremonta el dominio subbético, impregnado de Trias, de la región de Alcalá de los Gazules, objeto de los estudios de P. Chauve, que han revelado la extraordinaria complejidad.

La capa de Málaga y las capas del Flysch, bien que empujadas y desplazadas de Sur a Norte (o de SE. al NW., en el ala occidental) como todo el edificio bético, constituyen en Andalucía los homólogos de ciertas grandes unidades de Berberia, empujadas y desplazadas, hacia el SW. (parte Norte del Rif) o, más generalmente, hacia el Sur. En rigor, se puede también ver en el «geosinclinal telense-perriteño», la Prebética llega a ser la simétrica del Causse medio-atlántico de Marruecos y de las Altas Planicies («presaharianas») de Argelia.

Con esto se termina el examen rápido del cuadro de las Cordilleras béticas. Ya, los numerosos trabajos nuevos permiten coagrar seriamente o completar la imagen clásica, debido a la gigantesca labor de nuestros grandes antecesores y entre ellos, especialmente Blumenthal y Fallot, a quien debe ser dedicada esta sesión especial sobre las Cordilleras Béticas.

Existencia de diversas fases de plegamientos alpinos en la isla de Mallorca (Balears), por Bartolomé Escandell y Guillermo Colom, págs. 267-272.—Los autores ponen de relieve, en Mallorca, una fase de plegamiento en los cortes Burdigalenses, donde se conocía solamente hasta el presente una fase intra oligoceno y una fase postburdigalense (paroxismal). El sentido de los empujes tanzenciales es muy variable incluso para una fase tectónica determinada: del SE. al NW., del W. al E., del SW. al NE. Para ilustrar estos hechos, dan una descripción geológica detallada de la península de Alcúdia.

La estructura del Norte de la provincia de Alicante (España), por Bernardo García-Rodrigo, págs. 273-277.—La estructura tectónica de esta parte de las Cadenas béticas soporta pliegues y fallas. Los caracteres de los primeros han sido estudiados por varios autores; los resultados, a veces contradictorios, son examinados a la luz de nuevos datos de observación. Las fallas han sido bastante despreciadas hasta el presente en esta región, su reparto y sus caracteres muestra trazos regulares que el autor trata de poner en relieve.

Un intento de interpretación mecánica de esta estructura, de acuerdo con los datos geológicos regionales completa esta nota.

Nuevas manifestaciones de Jurásico y Cretáceo inferior al Este de las Cordilleras béticas (regiones de Alcoy y Alicante), por Robert Busnardo y Michel Durand Delga, págs. 278-287.—Al Norte de Alcoy, el corte de la Querola presenta de la parte inferior a la superior: 60 m. de lechos dolomíticos, 200 m. de calizas en gruesos bancos con Trochozinas y Dasycladáceas de tipo jurásico (Malm), 350 m. de alternancias de margas arenosas, de calizas y de arenas calizas (Jurásico base terminal del Cretáceo), que coronan una cincuentena de metros de margas azules con Ammonites (Valanginense superior a Barremense).

A la salida al oeste de Alicante, la Sierra de Foncalent muestra estratigráficamente de abajo arriba: una cincuentena de metros de dolomías y de calizas con silix negros (Lias-Dogger?), 50 m. de calizas en bancos delgados, 30 m. de calizas oolíticas, más de 100 m. de

calizas con grano fino, conteniendo la microfauna pelágica clásica del Malm y del Berriasense, que coronan las margo-calizas detríticas del Cretáceo inferior.

La diferencia de estas dos series es considerable. Debido a un relativo apartamiento geográfico (alrededor de 40 m.), pueden pertenecer, una a la Prebética (la de Alcoy), y la otra (la de Alicante) a la Subbética o a un dominio paleogeográficamente intermedio entre estas dos grandes zonas.

Madreporarios del Portlandés de la Querola cerca de Alcoy (España), por James Alloiteau, págs. 288-299.—Describe el autor 12 especies de Madreporas encontradas en un yacimiento recifal portlandés en la Querola cerca de Alcoy en los que hay representados 10 géneros y 6 familias. El mal estado de conservación de los fósiles dificultó su identificación; al conjunto de esta pequeña fauna se le asigna una edad jurásica superior, con toda certeza.

Monieria en el Titónico recifal al Este de las Cordilleras béticas, por Gastón Astre, páginas 300-301.—Las calizas recifales con Políperos, estudiados en la nota de J. Alloiteau, han suministrado pequeños Dicerátidos del género Monieria. Se trata de formas conocidas hasta el presente en el «Titónico Recifal» (Portlandés o Infravalangienso) de Languedoc.

Un corte de Terciario prebético de Benitachell (provincia de Alicante, España), por Michel Durand Deiga y Jean Magné, págs. 302-307.—En el eslabón de Benitachell, encima de las calizas neríticas cretáceas (donde la cúspide pertenece al Campanense), hay más de 300 metros de calizas macizas del Eoceno medio-superior, comenzando por un fino conglomerado de base. Un potente Oligoceno superior corona directamente el Eoceno, sin discordancia apreciable. Presenta en la base alternancia de margas y calizas con Lepidocyclinas, luego margo-calizas areniscosas, después una barra caliza con *Miogypsinoides*, por fin margas azules, donde la base contiene como igualmente las bases precedentes, una microfauna, con Globigerinas y *Ammacra* del Oligoceno superior.

Esta serie nummulítica de Benitachell, sobre todo caliza y muy incompleta, difiere profundamente de la serie de la región de Alfaz, esencialmente margosa desde el Senonense hasta el Oligoceno, y que ha sido objeto de un estudio anterior. Estos dos dominios paleogeográficos están probablemente separados por una grieta tectónica importante.

Los «Konglomeratische Mergel» de las Cordilleras béticas, por Solange Duplax y Paul Fallot, págs. 308-317.—Los autores de la presente nota, después de haber repuesto los «konglomeratische Mergel» en el cuadro estructural (Mischungszone por unos, base de las Alpujarras por otros), describen los caracteres petrográficos y el modo de yacimiento. Proponen una nueva hipótesis en cuanto a su origen: serían rocas residuales, resultantes de la disolución de la parte soluble de rocas anteriores.

El estudio de los minerales pesados de los «konglomeratische Mergel» demuestra que no pudieron ser debidos ni a los micaesquistos de la Sierra Nevada, ni a las formaciones de la Mischungszone. Deben su origen de tierras emergidas en el Triás inferior, eventualmente de un dominio cristalofílico prolongando hacia el Este la capa de Málaga.

La tectónica de la zona subbética de la región de Huéscar (provincia de Granada, España) y estudio de su Nummulítico, por Malm Foucault, págs. 318-321.—La zona subbética al N. de Huéscar está formada por un cierto número de unidades: la unidad Moncayo-La Sagra; Lías inferior; la unidad del Barranco de la Cueva del Agua; desde el Lías inferior hasta el Dogger; la unidad de la Virgen de la Cabeza; Dogger (calizas con intercalaciones rojas), Malm (calizas nodulosas a veces rojas), Cretáceo inferior (margas blancas con Ammonites piritosos); la unidad de Marmolance; enteramente caliza; la base es del Pri-

onense inferior, la cúspide del Oligoceno superior. Se encuentran algunas Miogypsinas bajo las capas oligocenas.

La superposición de estas unidades parece ser la siguiente: Debajo la unidad de la Virgen de la Cabeza, en el medio la del Barranco de la Cueva del Agua, encima, la de Moncayo-La Sagra; la unidad de Marmolance, aún mal situada, está en todo caso superpuesta a la de la Virgen de la Cabeza.

Datos micropaleontológicos sobre los alrededores de Domingo Pérez (cadena subbética, provincia de Granada, España), por Asunción Linares, págs. 322-323.—La autora aporta datos concernientes al Cretáceo superior, Eoceno y Mioceno de Domingo-Pérez. Uno de los niveles fosilíferos del Eoceno ha suministrado abundantes Hantkeninines.

Algunos datos sobre la Prebética de la región de Jaén (Andalucía, España), por Robert Busnardo, págs. 324-329.—La Prebética de Jaén comprende tres unidades principales. Al Norte, la de Castillo, cabalgando el Terciario más septentrional, muestra el Vracomense (?) y el Cenomanense, en las calizas detríticas del Castillo. La unidad de la Peña de Jaén repite la precedente, pero las capas son más fosilíferas y más neríticas. Al Sur, la serie de Jabalcuz-Los Villares, muy potente y continua del Lías al Cenomanense, soporta un trozo areniscoso del Aptense superior-Albense inferior y margas pelágicas del Albense-Cenomanense. Esta tercera unidad cabalga la segunda; representa una zona paleogeográfica y tectónica importante en adelante, conocida por un frente de 160 km. de Oeste a Este.

Nuevas observaciones sobre el Jurásico inferior y medio de las Cordilleras béticas sobre la transversal de Málaga (Andalucía, España), por Gonzague Dubar, Nicole y Yves Peyre, págs. 330-339.—Son estudiados 23 yacimientos fosilíferos, la mayor parte descritos aquí por vez primera, pertenecen al Jurásico inferior y medio. Un cuadro agrupa estos datos, así como los descubrimientos recientes de otros autores, siguiendo las unidades estructurales.

Sobre la estructura del Secundario y del Nummulítico de los alrededores de Málaga (España), por Jacques Azéma, págs. 340-344.—El estudio de los terrenos que forman la cubierta del Paleozoico de Málaga, en los bordes orientales de esta ciudad, ha mostrado, en unión con una revisión de la estratigrafía, la existencia de accidentes tectónicos notables. Los estratamientos y otros fenómenos modifican, en efecto, profundamente la estructura de la serie secundaria y nummulítica considerada, hasta ahora como tranquila.

Estudio de algunos afloramientos jurásicos de la región de Alcalá de los Gazules (provincia de Cádiz, España), por Pierre Chauve, págs. 345-351.—Los afloramientos jurásicos de la zona subbética del Norte de la provincia de Cádiz se encuentran entre dos posiciones estructurales complejas. Reposan casi siempre anormalmente sobre el Triás que está a menudo muy dislocado. Sin embargo, hemos podido descubrir una serie estratigráfica continua desde el Lías hasta el Cretáceo.

El Flysch gaditano al Norte y al Nor Este de Algeciras (provincia de Cádiz, España), por Jean Didon, págs. 352-360.—En los cortes de levantamientos efectuados en 1958-1959 en el Campo de Gibraltar (Andalucía), se han puesto en evidencia varias unidades aloctonas al N. y al NE. de Algeciras. En la base se encuentra un Flysch areniscoso del Oligoceno superior-Mioceno (Flysch de Estepona) sujeto al Paleozoico bético y al Mesozoico penibético. Más hacia arriba vienen: la unidad de Algeciras formada de un flysch areniscomicáceo, comenzando en el Eoceno superior y englobando la mayor parte del Oligoceno, después la unidad de Camarote, donde el material margo-arenoso pertenece al Titónico y al Cretáceo inferior. Las unidades más elevadas están formadas al Oeste por un potente complejo areniscoso oligoceno (Arenas del Aljibe), y al Este, cerca de Estepona, por una serie prin-

principalmente caliza que va del Cretáceo superior al Oligoceno medio (unidad de Argüelles). La mayor parte de estas unidades aloctonas parecen de origen lejano «ultrabético».—L. F.

GEONUCLEONICA

SHEDELOVSKY, J. F.: *Cosmic ray produced manganese 53 in iron meteorites*, «*Geochim et Cosmochim Acta*», XXI, 156 a 158, diciembre 1960.

Se ha medido la radiactividad del manganeso en tres meteoritos y se atribuyó al Mn^{53} cosmogénico. El periodo de semidesintegración es de 5×10^7 a y llega a la conclusión de que hace 10^8 a el flujo de rayos cósmicos era varias veces superior al actual.

Los petrofitos tienen una edad aparente por los rayos cósmicos de 10^7 a 5×10^7 a, deducida por la medida de la actividad del Mn^{53} .

Estos meteoritos no están libres de contaminación por el Mn^{54} . Cuando la cantidad de Mn^{54} es considerable puede enmascarar la actividad del Mn^{53} .—L. F.

FLESCU, G. D.; SVIC, H. J., y STALEY, H. G.: *The absolute abundance of the chromium isotopes in chromite*, «*Geochim et Cosmochim Acta*», XX, 300 a 309, noviembre 1960.

Han efectuado los análisis isotópicos del uranio en 18 urarinitas, habiendo obtenido las siguiente composiciones centesimales:

$$\begin{aligned} Cr^{50} &= 4.352 \pm 0.024 \\ Cr^{52} &= 83.764 \pm 0.036 \\ Cr^{53} &= 9.509 \pm 0.027 \\ Cr^{54} &= 2.375 \pm 0.018 \end{aligned}$$

Estos valores conducen a un peso atómico de $51.998_5 \pm 0.001_3$.—L. DE A.

PAUL PASTEELS: *L'âge des halos piéochroïques du granite d'Habkern et de quelques roches du massif de l'Aar*, «*Bulletin suisse de Min. et Pétr.*», vols. 492, págs. 261 a 266, 1960.

Ha proseguido el autor el estudio de la acción del metamorfismo sobre los halos picrocristales en las biotitas de las rocas del macizo de Aar y en el granito de Habkern. Se demuestra que las aureolas de las rocas de la parte septentrional del macizo de Aar fueron parcialmente borradas durante la orogénia alpina, lo que confirma la acción del metamorfismo epizonal sobre las aureolas en las biotitas.

Los halos del granito de Habkern tienen una edad del orden de 300 m. de a. Este granito puede considerarse como pretriásico. Los halos parecen haberse escapado de la acción del metamorfismo alpino y sólo sufrieron un ligero aclaramiento. Esto es de acuerdo con la ausencia de metamorfismo, que el examen de las láminas delgadas permiten comprobar y que se explica geológicamente por la situación que la roca ha ocupado en el momento de los arrastres.—L. DE A.

HONDA, M.; SHEDLOVSKY, J. P., y ARNOLD, J. R.: *Radioactive species produced by cosmic rays in iron meteorites*, «*Geochim. et Cosmochim Acta*», XXII, págs. 133 a 154, marzo 1961.

Se han medido en cuatro sideritos, los isótopos radiactivos Be^{10} , Al^{26} , Cl^{36} , K^{40} y Mn^{53} , los cuales procedían de: Grant, Williamstown, Odessa y Cañón del Diablo. La separación de cada uno fue reciclada hasta una actividad constante.

Las muestras fueron computadas con un contador de nivel bajo, menos las Mn^{53} cuyos rayos X fueron medidos. Las relaciones isotópicas fueron constantes para cada siderito, menos para el Mn^{53} donde hay un efecto visible de profundidad. La edad de la radiación cósmica de las muestras de Williamstown y de Grant son del mismo orden.—L. DE A.

GEOQUIMICA

NOBUHIDE KOKUBU, T. MAYEDA and H. C. UREY: *Deuterium content of minerals, rocks and liquid inclusion from rocks*, «*Geochim et Cosmochim Acta*», XXI, 247 a 250, enero 1961.

Se han analizado por agua y deuterio contenido en el agua, las inclusiones líquidas de algunos minerales y rocas. El agua de estas muestras contienen menos deuterio que el medio de las aguas superficiales terrestres y concluyen que el agua juvenil no debe contener tanto como los océanos. Intentan dar una explicación posible a esta discrepancia. Una cantidad de protio, equivalente al 4 por 100 de los océanos, se ha desprendido de la tierra con una pérdida despreciable de deuterio. Se ha detectado que ciertos condritos carbonosos contienen las mayores concentraciones de deuterio encontradas en la Naturaleza, mientras que los de este grupo contienen agua con una composición análoga a la media terrestre.—L. DE A.

GEOTERMIA

RIGNWOOD, A. E.: *Some aspects of the thermal evolution of the earth*, «*Geochim et Cosmochim Acta*», XX, págs. 241 a 259, noviembre 1960.

Examina datos empíricos relacionados con la historia térmica de la tierra. De datos recientes astronómicos y geoquímicos induce que la tierra fue formada por acreción de un gas inicial a temperatura baja, en la forma de nube de polvo de composición solar. Por el U, Th, Pb y K se implica un proceso de fusión hace 4.5×10^8 a. Esta conclusión es confirmada si se supone el núcleo dominante de ferromiquel. La técnica de la formación es probada por la analogía con los meteoritos.

Hace unas consideraciones sobre las causas posibles de este estado de fusión primitivo y concluye que la causa es la energía gravitacional. No es significativo el calor radiactivo.

Por el estudio de la conductividad eléctrica del manto y del punto de fusión de los metales, sometidos a presiones elevadas, se deduce que la tierra se ha enfriado considerablemente.

El enfriamiento es compatible con los datos actuales de la abundancia de los elementos radiactivos en los meteoritos y en la tierra, y también con los modos posibles de transferencia interna de calor, particularmente convección y radiación.—L. DE A.

MINERALURGIA

SEUNDIS, N.: *Felspar and its influence on the reactions in ceramics during burning*, «Acta Polytechnica Scandinavica (Acta P. 272-1960) Chemistry including Metallurgy Series». 8, 29 págs., Stockholm, 1960.

El autor hace en el trabajo una consideración de las propiedades de los feldespatos de Na-, K- y Ca- y de las viscosidades del vidrio. Son discutidas las relaciones de miscibilidad de los feldespatos alcalinos.

De las diferentes clases de minerales feldespáticos para sus usos en cerámica consideran una serie de análisis en función de su contenido en feldespato K-, albita, anortita y cuarzo, con los cuales hacen los respectivos cálculos.

Las propiedades termodinámicas de las mezclas de cuarzo con diferentes clases de feldespato es discutida por el autor, así como la importancia de la viscosidad producida por los diferentes feldespatos.

Dan algunas experiencia del aumento, de la vitrificación producida por la albita y del punto de fusión por la adición del limo, magnesita y carbonato de bario.—L. DE A.

BOUC, R.: *Développement récent du traitement chimique des minerais d'uranium en France*, CEA núm. 1.767, 1960.

Describe las características generales de las fábricas de tratamiento de minerales de uranio en Francia y destaca dos de las faseses esenciales.

En una primera fase, las fábricas puestas en servicio (Le Bouchet, Gueugnon) solamente tratan pequeñas cantidades de mineral, sean de una ley elevada hasta el 4 por 100, proviniendo de preconcentraciones físicas (Le Bouchet), sean de débil ley, alrededor de 0.1 por 100, proviniendo de la explotación de Gueugnon.

El uranio puesto en solución por el ácido nítrico o por el ácido sulfúrico es en seguida recuperado bajo la forma de un producto, llevándose a continuación a una sucesión bastante complicada de precipitaciones químicas y de filtraciones.

El tratamiento de los minerales ricos en la fábrica de Le Bouchet ha cesado. Sólo la fábrica de Gueugnon está todavía en marcha; técnica de tratamiento inicial ha sufrido profundas transformaciones, de las que hablará el autor en otro artículo.

En la segunda fase, las fábricas mucho más potentes, fueron estudiadas por los Establecimientos Kuhlmann.

La fábrica de Ecarpière puede tratar 300.000 toneladas de mineral por año, de una ley cercana a 0.1 por 100. La fábrica de Bessines puede tratar 600.000 toneladas de mineral por año, de una ley cercana a 0.15 por 100.

En estas dos fábricas el uranio se pone en solución por el ácido sulfúrico. Los líquidos conteniendo el uranio, son en seguida enviados al cambiador iónico: el uranio es reextraído por solución clorhídrica y después precipitado bajo la forma de uranato de magnesio.—L. F.

MINERIA

CORREIA NEVES, J. M.: *Análise mineralógica de resíduos de calcinação de pulmões pneumoconióticos*, «Estudos, Notas e Trabalhos» do S. F. M., vol. XIV, fascs. 3-4, págs. 271 a 279, 1960.

Se ha investigado por la existencia y los residuos de calcinación de tejidos de pulmones de cuatro mineros que se han muerto por pneumoconiosis.

En unos residuos han caracterizado el cuarzo y la albita y en otros el cuarzo-albita, microclina y el berilio, en otros cuarzo y microclino, y en un cuarto se ha encontrado el cuarzo y otras estructuras no identificadas, donde una de ella cúbica tiene $a_0 = 7.43 \text{ \AA}$ y se encuentra el grupo espacial probable O.

Los procesos de análisis por los rayos X del residuo de calcinación de los tejidos de pulmones permiten determinar el origen de la pneumoconiosis. En los cuatro casos estudiados fueron los polvos de cuarzo y de cuarzo y silicatos los que han originado la pneumoconiosis.

Se ha de tener en cuenta en Portugal, el estudio sistemático y científico de la pneumoconiosis. En este campo el legislador, el médico, el ingeniero, el mineralogista, el químico y otros, tienen temas importantes que realizar y complementar.—L. DE A.

LUIS DE ALBURQUERQUE E CASTRO: *Lucernas Minciras*, «Estudos, Notas e Trabalhos» do S. F. M., vol. XIV, fascs. 3-4, págs. 281 a 294, 1960.

En las minas de oro de Lages da Ribeirinha, situadas en la parroquia de Trésminas, distrito de Vila Pouca de Aguiar, circunscripción de Vila Real, se conocen importantes trabajos de explotación minera prerromana y romana, nuevas investigaciones y reconocimientos han hecho descubrir una galería, ejecutada probablemente por los romanos, con diversos nichos en los paramentos.

Entre los escombros retirados se han recogido restos de cerámica de 9 lucernarios que son estudiados en el trabajo que da el autor.

Se estudia también en la misma nota un lucernario procedente de una sepultura, que por su posición cerca de una mina de plomo, se ha de admitir como relacionada también con las antiguas explotaciones mineras romanas.—L. DE A.

NUCLEONICA

FISHER, D. E., y SCHAEFFER, O. A.: *Cosmogenic nuclear reactions in iron meteorites*, «Geochim et Cosmochim Acta», XX, págs. 5 a 14, septiembre 1960

Los isótopos cosmogénicos He^3 , He^4 , Ne^{21} , Ne^{22} , Ar^{36} y Ar^{38} fueron medidos por un espectrógrafo de masas en siete ataxitos y un octaedrito.

Hacen consideraciones sobre el origen de estos isótopos, generados por reacciones nucleares inducidas debidos a protones de energía alta.

Una combinación de las valoraciones H^3/He^4 , $\text{He}^3/\text{Ar}^{36}$ y $\text{Ne}^{21}/\text{Ar}^{38}$ son utilizadas para medir la energía y la intensidad de la radiación incidente. Discuten los valores encontrados. Las edades expuestas son deducidas en función de estas relaciones, de la abundancia total isotópica y de los valores previos medidos del Cl^{36} .—L. DE A.

SANCTON, J.: *Hiperfragmentos producidos en Mesones K- Absorciones en Emulsiones nucleares Decaídas No-Mesónicas*, «Il Nuovo Cimento», serie X, vol. 18, págs. 266-281, 1960

Se exponen los resultados de los análisis de 78 hiperfragmentos no mezclados, incluyendo las estrellas doblecentradas producidas por absorciones de mesones K^- en reposo. Es estudiado el espectro Z de los hiperfragmentos. Han sido únicamente identificados 12 decaimientos y otros 6 casos la carga del hiperfragmento ha sido determinada sin ambigüedad. Por los restos se han podido poner sólo los límites a la carga del hiperfragmento. Combinando la distribución de la carga establecida aquí con la obtenida por los hiperfragmentos mesónicos en una investigación previa, se puede obtener la no mesónica o mesónica razón del decaimiento en función de Z.—L. F.

PETROGRAFIA

JOAO MARTINS DA SILVA: *Calcedónios cristalinos da Região de Viana do Alentejo-Alvito*, «Estudos, Notas e Trabalhos» do S. F. M., vol. XIV, fascs. 3-4, págs. 203 a 256, 1960.

Las calizas cristalinas de la región de Viana do Alentejo-Alvito, conjuntamente con los esquistos brillantes cuarcíticos de color negro, rocas verdes (esquistos con anfíbolita y clorita, esquistos con albíta y clorita con la calcita, anfíbolitas y corneanas), diopsia blanca, rocas feldespáticas (leptinitas y albititas), migmatíticas y rocas cuarzosas, algunas veces con textura gneílica, forman parte del conjunto cristalofílico de Évora.

Rocas ígneas, como los granitos, tonalitas, dioritas y porfiritas, han penetrado en las antiguas rocas sedimentarias, al menos, después del plegamiento y del metamorfismo de las capas antiguas.

De una manera general, las rocas tienen una dirección NW.-SE., correspondiente a la orientación hercínica. No obstante, algunas han tomado una alineación casi perpendicular a la procedente que tiene la misma orientación que la zona de fractura Odemira-Portel. Otras tienen todavía una dirección media aproximadamente N.-S.

Hay multitud de fracturas con las orientaciones antes dichas, siendo algunas rellenas de material granítico o porfirico y otras con un cuarzo de origen hidrotermal.

Se verifica la formación de algunos pequeños depósitos de óxido y de sulfuros de hierro en los lugares favorables.

Los mármoles tienen su origen en el metamorfismo de las rocas calizas, muy abundantes de origen zoogénico y del periodo cambriano y son asociados con otras rocas de la región que dan la idea de una antigua cuenca sedimentaria.

Por los minerales contenidos en las capas se puede pensar que pertenecen a las zonas media y superior de metamorfismo.

En la región existen las rocas calizas siguientes: del Terciario: calizas cretas y calizas compactas; del Cristalino: calizas cristalinas y calizas dolomíticas.

Las rocas calizas del Terciario, por su pequeña cantidad, no justifican la atención de los autores desde el punto de vista económico.

Algunas de las calizas cristalinas, por sus propiedades, forman parte de categoría industrial del mármol, y a causa de ello son explotadas en la región de Viana do Alentejo. Los tipos más abundantes son los siguientes: mármoles blancos de grano medio a grueso, mármoles de color verde-claro, mármoles de color verde claro con bandas verdeoscuras; hay pequeñas cantidades de mármoles negros y mármoles dolomíticos de color rosáceo con bandas verdes.

Las reservas totales de todos los géneros de calizas cristalinas no son inferiores a 2,5 millones de toneladas. Para los mármoles en condiciones de explotación se da el valor de 250 millones de toneladas. La explotación tiene por objeto el arranque de bloques que después son tallados y llevados a las fábricas de la región de Lisboa.

Las calizas dolomíticas se aplican en la fabricación de cal para la construcción y algunas veces también son empleadas como graveras.—L. DE A.

CORREIA NEVES, J. M.: *Pegmatito com fosfatos do Moreira (Villa Pouca de Aguiar)*, «Estudos, Notas e Trabalhos» do S. F. M., vol. XIV, fascs. 3-4, págs. 257 a 270, 1960.

De una pegmatita flomiana cerca de Moreira, concejo de Villa Pouca de Aguiar, con estructura zonada, ha estudiado el autor y caracterizado por análisis de rayos X los minerales siguientes: ortoclasa, heterosita, fosfosiderita, bermanita, rebrigerita y huraulita.

Se encuentra todavía un mineral no identificado moscovita, turmalina negra, hidróxidos de manganesos de alteración de fosfatos, estevarita y probablemente estroncita.

Por la comparación mineralógica que hace de la pegmatita considerada con otras pegmatitas portuguesas, supone que en la región de Moreira hay también berilo, tantalita y niobia.—L. DE A.

PROSPECCION

MATEUS SALEMA GARÇAO DE LA CUEVA COUTO: *Aplicações do método de prospecção magnética efectuada pelo Serviço do Fomento Mineiro*, «Estudos, Notas e Trabalhos» do S. F. M., vol. XIV, fascs. 3-4, págs. 175 a 202, 1960.

Una campaña de prospección magnética se está realizando en Alentejo Bajo, y tiene por objeto la detección de depósitos de magnetita y se efectúa en las zonas situadas en la banda de magnetita que comprende una gran parte de complejo cristalofílico y de numerosas manchas eruptivas de los distritos de Évora y de Beja.

Los levantamientos magnéticos se efectúan con la ayuda de magnetómetros verticales, recorriendo las diversas estaciones en polígonos cerrados, con el objeto de que al cabo de una hora aproximadamente se cierren sobre la estación considerada como base.

Las correcciones efectuadas son relativas a la variación diurna de la componente vertical del campo magnético terrestre y a la variación de esta misma componente con la latitud geográfica. Las retículas empleadas son habitualmente de 50 × 50 m., en general, y de 25 × 25 m. en los casos que hace falta más detalle por las anomalías.

Estos levantamientos han puesto en evidencia numerosas anomalías, donde algunas de ellas reflejan la presencia de masas de magnetita de una cierta importancia. Se ha procedido así, en el norte del país, a una prospección magnética, que tenía por objeto la detección de masas de minerales de volframio asociados a la pirrotina que se presenta en la zona minera de Covas, distrito de Viana do Castelo, en el contacto de los esquistos con los granitos.

Para juzgar de la posibilidad de aplicación del método a este caso se han medido previamente determinadas susceptibilidades magnéticas de las muestras de minerales y de las rocas en los alrededores del yacimiento.

El levantamiento magnético cruzado con mallas de 15 × 7,5 m. ha puesto varias anomalías a la vista, que pueden corresponder a masas minerales que tienen un gran interés minero.

La aplicación de este método de prospección geofísica a los minerales de manganeso de la banda manganesífera de Alentejo Bajo, está en curso de estudio, con la ayuda de una determinación sistemática de la susceptibilidad magnética de las muestras de mineral procedentes de minas abandonadas y de rocas cercanas.—L. DE A.

PROSPECCION GEOFISICA

SARCIA, JEAN A.; BONET, JEAN, y COMBE, ROBERT: *Application des mesures de resistivite a la recherche des elements structuraux dans le bassin uranifere du Nord-Limousin (France, 1960)*, CEA, 1684.

Los autores exponen las dificultades encontradas para la exploración, por el método de medida de resistividad, de un yacimiento tipo de Nord-Limousin. Se trata de una zona de recubrimiento muy variable y difícilmente previsible. Las formaciones uraníferas presentan dos facies pasando bruscamente de la una a la otra. Largos filoncillos finos

y sin ganga; lentejuelas cortas y potentes con alteración arcillosa muy extendida en los hastiales.

Después de varios ensayos poco satisfactorios, el dispositivo denominado «carta de los rectángulos» fue adoptada para obtener rápidamente y de buena manera un esquema estructural suficiente. Pero estos métodos más finos y más sensibles son necesariamente para guiar en la implantación de los sondeos.

Esperan encontrar a la vez la representación del conjunto y la precisión con la utilización de una sola técnica, sobre todo en la región considerada.—L. F.

CAILLE, G.: *Application des chargeurs solaires aux appareils de prospection (1960)*, CEA, 1707.

La utilización de las clásicas pilas en los aparatos de prospección, presenta ciertos inconvenientes. Es por lo que en todos los aparatos las pilas suministradoras de tensiones han sido reemplazadas poco a poco por alimentaciones a base de transistores, utilizando fuentes de energía menos voluminosas. No obstante, es preciso tener en cuenta que las tensiones débiles y la utilización de estas pilas arrastra en los países cálidos o húmedos a un consumo desproporcional de ellas con relación a los servicios normales. Es por lo que el empleo de energía solar presenta realmente ventajas.

Después de unas ideas rápidas sobre los semiconductores, describe una batería solar a base de selenio que fue realizada y se ha utilizado con estos fines.—L. DE A.

RADIATIVIDAD

BOVARD, P., y GRAUBY, A.: *Etude de la vocation des sols en place a la retention du radiostrontium (1960)*, CEA 1751.

Independientemente del estudio teórico de la propagación de la radiactividad en el suelo a continuación de las submersiones y de las lluvias radiactivas, los autores han estudiado directa y prácticamente cómo puede evolucionar esta radiactividad en los suelos en su propio lugar. Para ello, un método simple y rápido ha sido puesto a punto; permite conservar para cada muestra del suelo los parámetros naturales (estructuras, humedad, etcetera) sin introducir el efecto de pared.

En el laboratorio, después de la puesta en carga de macizos previamente arrancados, una parte del estudio de la propagación de radioelementos es realizada por autorradiografía; ilustra el trabajo una aplicación práctica, el estudio de una sucesión atómica.—L. F.

JUBAIN, G.: *Moyens et résultats d'étude de la radioactivité due au radon dans les eaux naturelles*, «Geochim et Cosmochim Acta», XX, 51, a 82, septiembre 1960.

Da cuenta el autor de una técnica para determinar en el campo la ley en radón de las aguas naturales. Como consecuencia de dos campañas realizadas en Francia, establece: 1.º Las leyes de radón se distribuyen lognormalmente en una formación geológica dada. 2.º La valoración de radón en las aguas es susceptible de proporcionar una técnica de prospección. 3.º Las leyes en radón de las aguas continentales son superiores a las admitidas en Biología.

Las técnicas utilizadas anteriormente para valorar el radón de aguas, atmósferas, rocas y suelos, eran antiguas y lentas y se realizaban con material frágil. El autor utiliza contador

de destello, en recipientes con paredes internas tapizadas con sulfuro de Zn. Estos recipientes son de vidrio y constituyen la cámara de medida acoplada ópticamente a un contador de destellos. Completa el conjunto una escala de reducción.—L. F.

RADIOGEOLOGIA

JEAN-PIERRE ROTHÉ: *Carte radiogéologique des Vosges hercyniennes*, «Bull. Ser. Carte. Geol. Als. Lorr.», XIII, fasc. 2.º, 75 a 94, Strasbourg, 1960.

Da el autor una introducción referente a las actividades de su padre desde 1934, para el trazado de los mapas radiogeológicos. Describe las técnicas de las mediciones, así como las operaciones sobre el terreno.

Considera después la calibración de los aparatos, la precisión de las medidas y el trazado de los mapas radiogeológicos.

Ultima la comunicación con ocho citas bibliográficas referentes a la técnica de las medidas.

Como aplicación a la zona de Munster, publica dos mapas, uno petrográfico radiactivo, sobre el que da su correspondiente explicación, y otro radiogeológico, trazado a base de isorradadas.—L. DE A.

SEISMOLOGIA

TAZIEFF, H.: *A propos de la signification tectonique des importants glissements de terrains provoqués par le grand séisme du Chili de mai 1960*, «Centre National de Volcanologie», núm. 9, 1960.

Los desplazamientos de terrenos logrados por la violenta crisis sísmica del 22 de mayo de 1960 en Chile, nos muestran la importancia que pueden tener los desplazamientos horizontales durante el curso de la breve duración de un temblor de tierra. Los hechos observados en estas circunstancias permiten pensar que los sucesos periódicos han de desempeñar un papel notable en la tectónica de las cadenas sedimentarias plegadas.—L. DE A.

VULCANOLOGIA

CHAIGNEAU, M.; TAZIEFF, H., y FABRE, R.: *Sur l'analyse des émanations volcaniques de l'Archipel des Nouvelles-Hébrides*, «Centre National de Volcanologie», núm. 2, 1960.

Los autores en el análisis de las muestras llegan a las siguientes conclusiones: 1.º La configuración tectónica del Archipiélago de las Nuevas Hébridias, permiten excluirlo de la cintura de fuego propiamente dicha del Pacífico para incluirlo en la región de las guirnaldas de la Indonesia y de las Islas Salomón. 2.º La composición del gas del volcán Ambrym, permite comprobar, con diversas circunstancias, una relación SO_2/CO_2 sensiblemente constante, cualquiera que sean las circunstancias de su toma. Sería deseable que los desmuestres periódicos pudieran ser efectuados de manera de estudiar la evolución eventual de este parámetro. 3.º Las materias en suspensión del agua del mar, sobremontando los volcanes submarinos, muestran diferencias según que ellas sean tomadas en la larga franja del penacho (principalmente orgánicas) o en los alrededores de la admisión gaseosa intensa (especialmente minerales). 4.º El conjunto de los resultados recopilados en esta nota

constituyen el punto de partida de un estudio geoquímico y geofísico de vulcanismo particular de este Archipiélago, que puede considerarse de gran importancia a causa de su volcanidad y sismicidad.—L. DE A.

CHAIGNEAU, M.; TAZIEFF, H., y FABRE, R.: *Sur l'extraction et l'analyse des gaz occlus dans la lave du volcan Nyiragongo*, «Centre National de Volcanologie» (Belgique), núm. 10. 1960.

Los resultados que presentan los autores en esta nota han de ser considerados como un estudio preliminar, permitiendo iniciar una normalización internacional de los métodos de extracción de análisis de gases en las lavas. También tiene por objeto incitar a algunos investigadores a comenzar trabajos análogos que permitan acumular una cantidad suficientemente de datos precisos y de hacer conclusiones fecundas sobre la naturaleza y el papel de los gases volcánicos.—L. DE A.



I N D I C E

	PÁGS.
Estudio hidrogeológico del término municipal de Mazarrón (Murcia), por AGUSTÍN NAVARRO ALVARGONZÁLEZ y EMILIO TRIGUEROS MOLINA	5
Astrofilita, un mineral nuevo en España, por P. FLOOR	59
Fotogeología, por MANUEL MARÍA DE ALVARADO y ARRILLAGA	73
Clasificación genética de los yacimientos sobre una base geotectónica, por HANS SCHNEIDERHOEHN	85
Notas geológicas en torno a Bárig, por JOSÉ DONAT ZOPO	131
Estudio por rayos X de caolines españoles y su utilización en la porcelana, por F. GÓMEZ RUIMONTE	137
Acerca de algunos nummulites y assilinas de la monografía y colección de D'Archiac, por HANS SCHAUB	171
Granates, andalucitas y turmalinas de las rocas del complejo metamórfico de Cebros, por el DR. JOAQUÍN MULAS SÁNCHEZ	195
Los Briozoos del Neógeno español, por SALVADOR REGUANT	215
Guía del Mapa Minero de España, excluidos hierro y carbón, escala 1:1.000.000, por S. DE LA CONCHA y J. SUÁREZ FEITO	245
Geología nórdica, por ANTONIO DUE ROJO, S. I.	261
Noticias	271
Notas bibliográficas	289
Fotogeología	291
Geofísica	292
Geología	293
Geonucleónica	300
Geoquímica	301
Geotermia	301
Mineralurgia	302
Minería	302
Nucleónica	303
Petrografía	304
Prospección	305
Prospección geofísica	305
Radiactividad	306
Radiogeología	307
Seismología	307
Vulcanología	307

SUMARIO



	PÁGS.
Estudio hidrogeológico del término municipal de Mazarrón (Murcia), por AGUSTÍN NAVARRO ALVARGONZÁLEZ y EMILIO TRIGUEROS MOLINA	5
Astrofilita, un mineral nuevo en España, por P. FLOOR	59
Fotogeología, por MANUEL MARÍA DE ALVARADO Y ARRILLAGA	73
Clasificación genética de los yacimientos sobre una base geotectónica, por HANS SCHNEIDERHOEHN	85
Notas geológicas en torno a Bârig, por JOSÉ DONAT ZOPO	131
Estudio por rayos X de caolines españoles y su utilización en la porcelana, por F. GÓMEZ RUIMONTE	137
Acerca de algunos nummulites y assilinas de la monografía y colección de D'Archiac, por HANS SCHAUB	171
Granates, andalucitas y turmalinas de las rocas del complejo metamórfico de Cebros, por el DR. JOAQUÍN MULAS SÁNCHEZ	195
Los Briozoos del Neógeno español, por SALVADOR REGUANT	215
Guía del Mapa Minero de España, excluidos hierro y carbón, escala 1:1.000.000, por S. DE LA CONCHA y J. SUÁREZ FEITO	245
Geología nórdica, por ANTONIO DUE ROJO, S. I.	261
Noticias	271
Notas bibliográficas	289